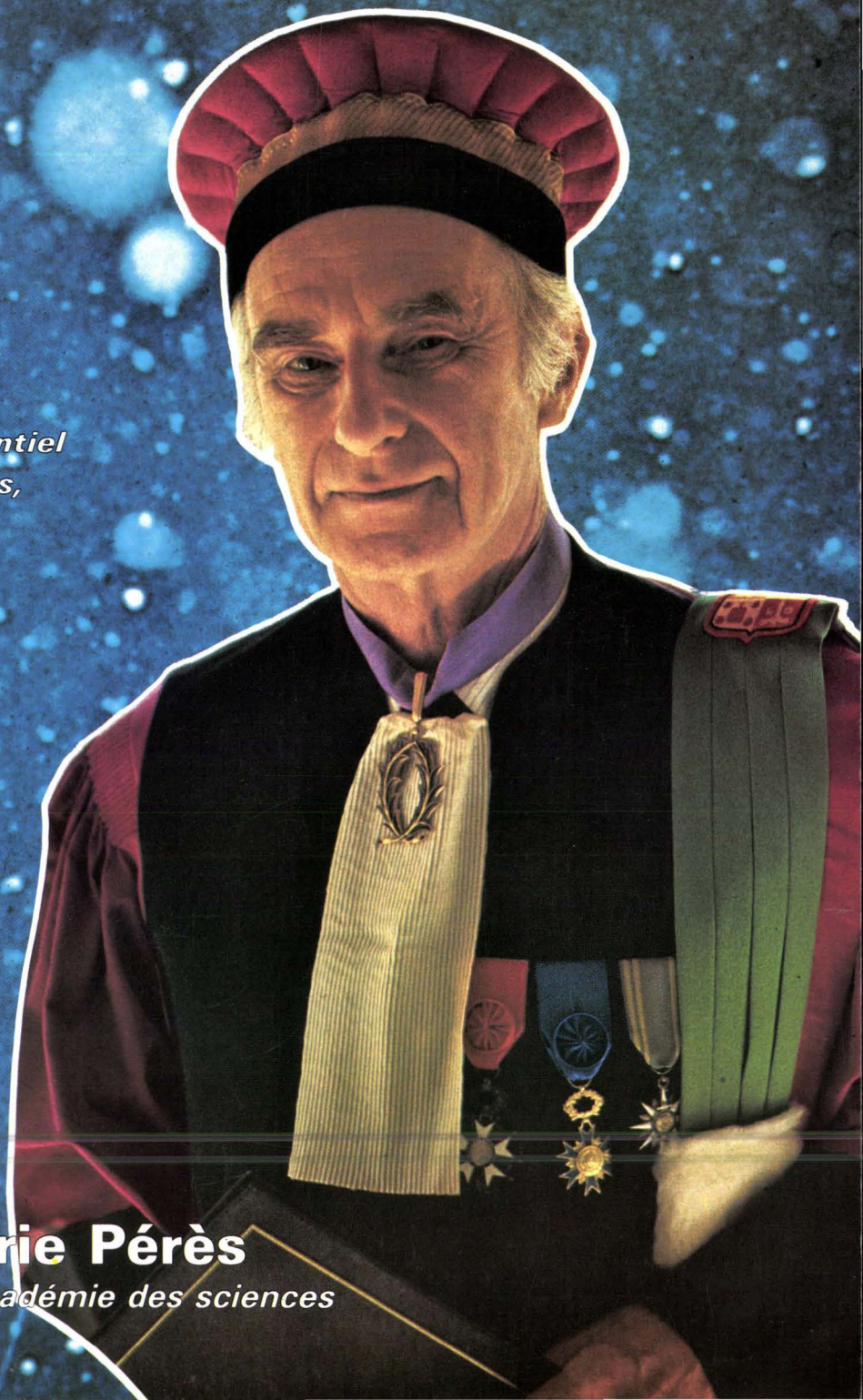
REVUE de la FONDATION OCEANOGRAPHIQUE RICARD

N° 6 – 1983

ISSN 0243 - 6663

« L'océanographie française a représenté réellement l'essentiel de mes pensées, de mes efforts, de ma vie »

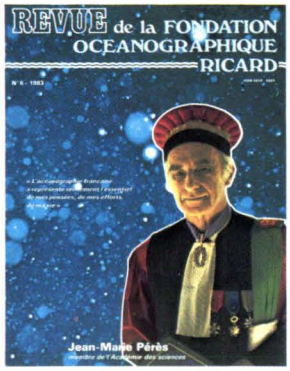


Jean-Marie Pérès

membre de l'Académie des sciences

Revue de la Fondation océanographique Ricard

N° 6 - 1983



Le Pr Jean-Marie Pérès lors d'une cérémonie universitaire. En fond, particules de matière organique (appelées "neige" lors de leur découverte en 1949), qui diffusent la lumière des projecteurs du bathyscaphe (photographie prise du *F.N.R.S. III*, à —1.500 m, au Japon en 1958 (ph. *Bathyscaphe*).

EDITORIAL

- Pour affirmer notre vocation, par Jean-Charles Arnaud, président de la Fondation océanographique Ricard 1

ENTRETIENS AVEC...

- Jean-Marie Pérès, membre de l'Académie des sciences, par Christian Frasson 2

POINT DE VUE

- Europe-en-Méditerranée, par Alain Bombard 19

RESSOURCES DE LA MER

- L'aquaculture en Méditerranée 22
- L'huître, une vie sédentaire qui n'est pas facile, par Alain Riva 27

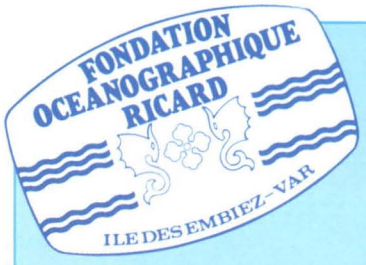
PROTECTION DE LA MER

- La biodégradation des hydrocarbures dans la lutte contre les pollutions par déversement, par André Sirvins 32
- Données apodictiques en faveur de l'extension, au domaine marin, des mesures de protection et de sauvegarde du massif des calanques, par Henry Augier 35
- La réserve sous-marine de Monaco, par Eugène Debernardi 47

CONNAISSANCE DE LA MER

- Comment réaliser chez soi un élevage d'oursins par fécondation artificielle ? par Pierre Escoubet 51
- Fiches biologiques : Bonellie et *Astropartus méditerraneus* - gorgonocéphale 55
- Les céphalopodes géants, par Nardo Vicente 57
- Un navire de commerce romain au IIe siècle de notre ère, en Méditerranée, par Jean-Marie Gassend 61
- Renseignements pratiques 72

● **DIRECTEUR DE LA PUBLICATION** : Jean-Charles Arnaud. ● **AUTEURS DES ILLUSTRATIONS** : Henry Augier, pages 36 à 41, 43 et 44 ; C. Baker Jorgensen (p. 29) ; M. Barbier (p. 36 à 41) ; "Bathyscaphe" (couverture 2, 10) ; A. Carrier (p. 69) ; Bernard Cauchi (p. 33) ; Bibliothèque nationale Paris (p. 57) ; C.N.E.X.O. (p. 33) ; comité interprofessionnel de la conchyliculture (p. 29) ; Eugène Debernardi (p. 49) ; Daniel Dewalle (p. 32, 33, 72, 4e de couverture) ; Pierre Escoubet (p. 39, 51 à 53, 55) ; Philippe Folliot (p. 61 à 71) ; Christian Frasson (couverture, p. 1, 8, 12 à 15, 18, 22, 24, 72) ; Jean-Marie Gassend (dessins dir., p. 61 à 71, del. J.-M. Poulain) ; J.-P. Giordano (p. 47 à 49) ; Girin-F.A. (p. 24) ; Pierre-Yves Hamon (p. 59) ; R. Lafon (p. 24) ; Thierry Maître-Allain (p. 27) ; Lucien Marocchino (p. 34, 48) ; André Pain (p. 35) ; Jean-Marie Pérès (p. 5, 7, 9, 12) ; Jacques Piccard (p. 12) ; Presses universitaires de France (p. 5) ; Alain Riva (p. 19, 27, 29, 30, 59) ; Claude Rives, MARINA-C.E.D.R.I. - C.N.E.X.O. (p. 22, 23) ; Daniel Rost (p. 2) ; Service hydrographique et océanographique de la Marine (p. 36 et 37) ; André Sirvins (p. 33) ; Yann Thibault (p. 17) ; Nardo Vicente (p. 7, 29, 60) ; X... (p. 16). ● **MISE EN PAGE** : Christian Frasson ; ● **COMPOSITION** : Photocomposition André Achard (Marseille) ; ● **PHOTOGRAVURE** : Société Graphiques 13 (Marseille) ; ● **IMPRESSION** : Imprimerie spéciale Ricard (Marseille).



SIEGE SOCIAL
AQUARIUMS, MUSEE
Ile des Embiez - Le Brusc
83140, SIX-FOURS-LES-PLAGES
Tél. : (94) 25.02.49 ; 25.07.98
25.04.54

DIRECTION, ADMINISTRATION, PUBLICATIONS
81, bd Anatole-de-la-Forge
13014 MARSEILLE
Tél. : (91) 98.12.74

La Fondation océanographique Ricard est une association régie par la loi de 1901. Recherche fondamentale et appliquée, actions en faveur de l'écologie marine, contribution à la formation et à l'information du public : tels sont ses buts et ses activités essentiels.

Dans le domaine de l'aquaculture, ses chercheurs étudient, à l'île des Embiez, la reproduction, la croissance, l'alimentation et la protection d'espèces marines. Ils participent à la lutte contre la pollution en menant des travaux sur la contamination des chaînes alimentaires par les micropolluants tels que les métaux lourds et les pesticides. La microbiologie constitue également une part importante de leurs activités. Ils effectuent des expériences de dégradation naturelle des hydrocarbures par les bactéries. Ces travaux sont réalisés en liaison avec d'autres laboratoires et organismes principalement sous l'égide du Centre national pour l'exploitation des océans.

Par la diffusion de ses études, par ses actions, la Fondation agit pour la protection des sites tels que la lagune du Brusc, l'archipel des Embiez, les hauts-fonds de grande production.

Elle accueille des étudiants pour des stages en vue de préparer une thèse, un mémoire. Elle mène des actions de formation en direction du corps enseignant et du grand public, dans le but de permettre d'approfondir ou de compléter une formation ou de s'initier à la connaissance du milieu marin en biologie, microbiologie et aquariologie.

L'information a pour supports les visites de l'aquarium méditerranéen et du musée, les conférences publiques estivales, les causeries destinées aux groupes et, en particulier, aux scolaires, ainsi que les publications de la Fondation.

Pour affirmer notre vocation

Après le cinquième numéro — exceptionnel, tant par son contenu que par son volume — de la Revue de la Fondation, notre souci a été de maintenir et, si possible, améliorer encore, la qualité de notre publication. A cet égard, celui que nous présentons aujourd'hui ne décevra pas, nous l'espérons, nos fidèles et nombreux lecteurs.

par Jean-Charles Arnaud

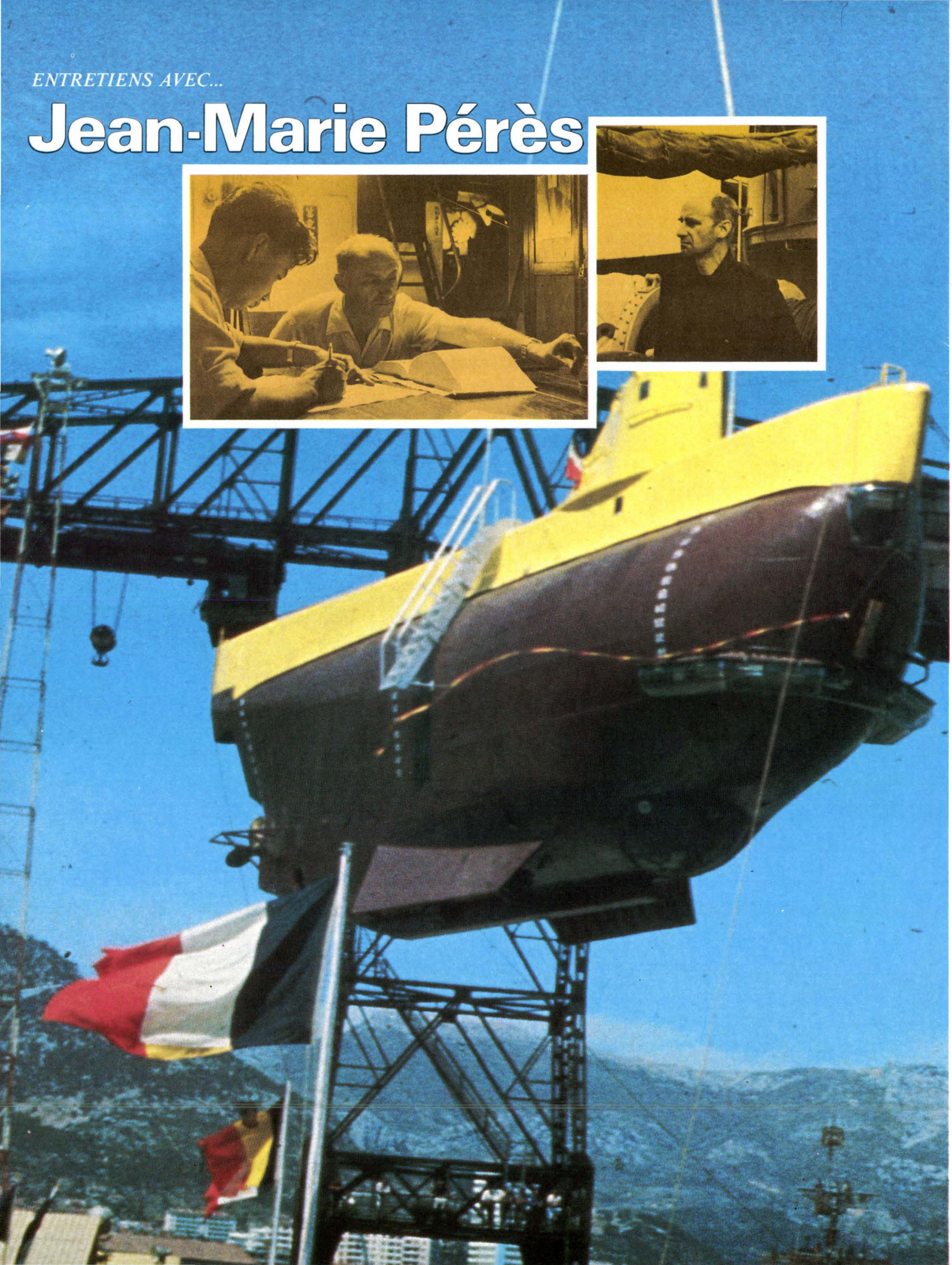
Un rappel de l'histoire de l'océanographie française contemporaine nous a paru susceptible d'intéresser le plus grand nombre d'autant que cette évocation illustre le portrait d'un pionnier de cette océanographie, l'un de ses plus éminents spécialistes, le Pr. Jean-Marie Pérès.

Nous avons ainsi le sentiment sinon de combler une lacune, du moins d'apporter une contribution à la connaissance de la mer. Ce qui est conforme à notre vocation, ainsi que l'a souhaité Paul Ricard, notre président-fondateur. C'est l'action que nous menons aux Embiez — où plus de 500.000 enfants et adultes ont déjà été accueillis — action que nous poursuivons à travers la France, en particulier avec l'exposition "Habiter la mer". Celle-ci, depuis 1979, dans plus de cent villes, a reçu plusieurs dizaines de milliers de visiteurs dont un grand nombre de scolaires.

Peut-être serait-il souhaitable, aujourd'hui, de susciter un intérêt accru dans les régions, avec des manifestations telles que "La mer et l'enfant" ? Ce qui pourrait être réalisé, ainsi que de nombreux adhérents nous l'ont demandé, à diverses reprises, grâce à des antennes locales. A l'heure de la décentralisation, la Fondation se rapprocherait ainsi davantage de ses amis, connus ou inconnus, qui encouragent son action et souhaitent s'y trouver associés. ■

ENTRETIENS AVEC...

Jean-Marie Pérès



Quand, en 1948, Jean-Marie Pérès prend la direction de la station marine d'Endoume, laboratoire de la faculté des sciences de Marseille, il dispose pour tout personnel d'un garçon de laboratoire et d'un concierge ; il ne possède pratiquement pas de moyens financiers. Quant à la gestion précédente de l'établissement, elle se solde par un déficit de deux années de crédits d'exercice.

"Je me mis au travail, dit-il, *et j'eus la chance de gagner successivement la confiance et le soutien de deux grands directeurs généraux de l'enseignement supérieur, Pierre Donzelot et Gaston Berger, qui furent à la base du développement de la station marine."*

Pendant quelques années, les études de Jean-Marie Pérès portent sur divers groupes marins mais d'un point de vue strictement zoologique et biologique. Puis, outre l'aspect systématique et l'étude anatomique, il est amené tout naturellement à s'intéresser à la composition, à la structure et à l'évolution des assemblages d'espèces marines. Il commence à se spécialiser vraiment sur des problèmes de biologie marine, avec des collaborateurs qui afflueront rapidement. Enfin, nouvelle étape logique, en orientant ses recherches vers les interactions qui lient les organismes à leurs milieux, il "fait" de l'écologie marine, encore que le mot ne fût guère utilisé dans les années 1950. On peut dire, d'ailleurs, que les balbutiements de cette science datent de cette époque, notamment dans les grands laboratoires maritimes français relevant tous de l'université de Paris : à Roscoff en Bretagne, à Banyuls-sur-Mer et à Villefranche-sur-Mer en Méditerranée, on enseignait non seulement des compléments de zoologie et de botanique marines, mais également quelques rudiments de biologie marine, sans faire référence à la science écologique.

"En orientant mes recherches vers les interactions qui lient les organismes avec leurs milieux, je « faisais » de l'écologie marine encore que le mot ne fût guère utilisé dans les années 1950"

"La possibilité de pouvoir se procurer du matériel vivant, tant pour des travaux pratiques destinés aux étudiants que pour des recherches, se trouva à l'origine de mes travaux et de celles de mes collaborateurs ; c'est ainsi que nous choisîmes l'étude du benthos marin, c'est-à-dire de peuplements en végétaux et animaux des fonds. Dans la région de Marseille, à peu près rien n'avait été entrepris en ce domaine depuis les travaux du fondateur du laboratoire, A.-F. Marion, disparu en 1901.

Ne possédant ni crédits, ni bateaux, je fis mes premières observations sur le benthos grâce à l'aide bénévole de pêcheurs au chalut et de plongeurs sous-marins utilisant le scaphandre autonome (encore une curiosité en ces années 1947-1948), et avec Jacques Picard, qui m'avait suivi depuis Dinard et qui est encore mon plus fidèle ami et collaborateur .

C'est avec ces plongeurs que j'eus la révélation que le peuplement des zones semi-obscures des grottes sous-marines était le même à quelques mètres de profondeur que celui qui était récolté à quarante ou cinquante mètres avec un chalutier. La

◀Illustrations ci-contre : lancement du bathyscaphe *Archimède.* **En médaillon, Jean-Marie Pérès à bord du "Schinyo Maru", au cours de Japon I en 1958 (ph.** *Bathyscaphe* **et Daniel Rost).**

"*Entrez !*", me clame une voix forte et sèche. L'espace de quelques secondes, j'ai le sentiment d'être l'un des nombreux étudiants qui ont franchi timidement cette porte pour entrer dans le vaste bureau du professeur Jean-Marie Pérès, membre de l'Institut, directeur de la station marine d'Endoume : importante bâtisse agrippée sur la corniche, à Marseille.

Rapidement, l'homme contourne la large table de bois située près des hautes fenêtres donnant sur la mer. Il s'avance vers moi, le bras tendu. La poignée de main est chaleureuse. *"Asseyez-vous et installez-vous. Je vous attendais",* dit-il en regagnant tout aussi vélocement son bureau. Puis, s'emparant de son stylo : *"Je vous écoute" !*

Alors que je lui soumets mon projet, je sens par intermittence un regard discret mais scrutateur se poser sur moi, me pénétrer, me juger. Il griffonne quelques notes. Sans conteste, je suis dans l'inconfortable situation de l'étudiant qui présente une thèse. Soudain, sans aucun commentaire, il lève les yeux vers moi : *"Bon, allons-y !"* Le premier de mes trois entretiens avec le professeur débute... ou presque.

"Bigre, mais c'est gênant ce que vous me demandez là, Monsieur" ! s'exclame, en effet, Jean-Marie Pérès. Puis, face à mon insistance et, chassant ses dernières réserves et une pudeur bien légitime, il cède...

Tout aussi brillant que vif dans ses propos, avec émotion, humour, modestie, toujours avec chaleur, il entrouvre exceptionnellement la porte d'un "jardin" qu'il garde farouchement secret. Les entretiens sont ponctués de larges éclats de rire, de séries de sifflements provoqués par la pipe éteinte, au fourneau vide, qu'il porte régulièrement à la bouche. Il remonte ses lunettes sur le front, puisant des informations au plus profond de sa mémoire. Parfois, son regard est absent : il ne fait nul doute qu'il répond à mes questions tout en se consacrant à d'autres réflexions.□

"Je suis fils d'universitaire et petit-fils d'universitaire. Mon grand-père était un philosophe, grand spécialiste de Platon, professeur à la Sorbonne", me confie Jean-Marie Pérès. "Quant à mon père, il était mathématicien et, également, un excellent enseignant", doyen de la faculté des sciences de Paris et membre de l'Institut. Puis, souriant : *"On s'est toujours demandé pourquoi il a été réformé pour mauvaise santé, lui qui n'était jamais malade ; mais il est vrai qu'il était très maigre".*

Joseph Pérès compte au nombre des jeunes et brillants professeurs choisis après la première guerre mondiale, afin de reconstituer l'université française de Strasbourg. Chercheur de tout premier plan dans le domaine de la mécanique des fluides, l'un de ses nombreux ouvrages a été même traduit en russe. Sa carrière, très mobile, le conduit successivement à Montpellier, Toulouse, Strasbourg, Marseille et Paris. Lors de son passage à la faculté des sciences de Marseille, il fonde l'Institut de mécanique des fluides.

"Cet homme extrêmement raisonnable, mais non dépourvu bien au contraire d'une certaine vivacité et d'un certain humour, est tout désigné pour faire un excellent doyen de la faculté des sciences de Paris et il termine sa carrière à ce poste où il demeure une dizaine d'années (1961)". C'est lui, notamment, qui fait construire les nouveaux bâtiments de La Sorbonne, quai Saint-Bernard, et la faculté des sciences d'Orsay.

"Ma mère est morte à la suite d'un accident de la circulation, à Paris. C'était une maîtresse-femme, totalement dévouée aux siens et à ceux qu'elle aimait. Elle était d'une gaieté communicative et répétait souvent : « On ne peut pas vivre sans joie... La vie, c'est la joie !" *(comme l'a écrit Jean Giono).*

"Elle a toujours suivi mes études et elle s'y intéressait sans jamais exprimer quoi que ce fût qui pût être considéré comme un conseil ou une contrainte".

C'est le 8 octobre 1915, à Montpellier (Hérault) que naît Jean-Marie Pérès. Rapidement, ses parents constatent que leur enfant est précoce. Ils lui apprennent à lire à quatre ans.

"De sorte que, lorsque ma mère m'a présenté, deux ans plus tard, à la maîtresse, celle-ci m'a observé, m'a écouté attentivement avant de déclarer : « Bien, très bien, nous allons le mettre en dixième ! ».

Puis, s'apercevant que mes parents avaient négligé de m'apprendre à écrire, la vieille dame charmante s'écria après réflexion : « Eh bien, écoutez, il comblera seul cette lacune ». Dans une certaine mesure, c'est certainement pour cela que j'écris aussi mal.

J'ai fait toutes mes études secondaires à Marseille, tantôt au lycée Thiers, tantôt à Saint-Charles, étant dans l'ensemble un bon élève qui s'intéressait à tout. Et notamment, vous vous en doutez, au domaine marin que j'appris à observer et à aimer, chaque été un peu plus, au fil des vacances familiales à Porquerolles".

"L'on est maître de sa vie et de sa carrière seulement jusqu'à un certain point. Les circonstances et les facteurs extérieurs, les événements, surtout dans le monde actuel, vous conduisent à infléchir la vie que vous vous êtes tracée"

A seize ans, il passe avec succès simultanément les "bachots", séries mathématiques élémentaires et philosophie. Il hésite, songe à faire de l'histoire puis, finalement, s'oriente vers une licence de sciences naturelles, tout en préparant le concours d'entrée à l'Ecole normale supérieure, qui comptait à l'époque une section de biologie.

Bien que reçu du premier coup, le rang qu'il occupe ne l'autorise pas à être admis. Il se représente l'année suivante, obtenant le même résultat. *"C'est suffisant"*, dit-il à son père. *"Je continuerai à préparer « tranquillement » ma licence !"* mais, déjà, obtient à Paris son certificat de zoologie.

"Et comme j'avais la possibilité d'avoir une bourse dans une université de province, je choisis celle de Strasbourg, car je désirais faire du ski".

En fin d'année, il obtient un certificat de chimie générale, revient à Paris pour achever sa licence, avec les deux certificats nécessaires : géologie et botanique.

"J'acceptai alors la proposition d'un parent éloigné, sous-directeur au Muséum national d'histoire naturelle à Paris, au laboratoire des pêches et productions d'origine animale, qui me proposait de faire une thèse sur une famille de poissons assez intéressante, dont certaines espèces avaient une respiration partiellement aérienne".

(suite en page 6)

lumière était donc un facteur important de la distribution non seulement pour les végétaux, mais aussi pour les animaux .

Grâce à l'achat d'un bateau en 1951, nous pouvions, mes collaborateurs et moi, commencer une prospection intense de la région (1) aussi bien sur les fonds que dans les eaux .

Les motifs qui m'ont poussé à engager ces recherches sur les peuplements benthiques sont de deux ordres : d'abord d'ordre strictement fondamental, à savoir préciser la distribution des unités de peuplement et, si possible, les causes de celle-ci en fonction des facteurs du milieu. D'autre part, et à plus long terme, rechercher le rôle de ces unités de peuplement dans les chaînes alimentaires du domaine benthique, avec l'arrière-pensée d'en évaluer la production de matière organique, ainsi que le degré d'utilisation de cette production par les poissons, mollusques et crustacés benthiques et, principalement, par les espèces d'intérêt commercial de ces groupes."

La vocation à l'écologie de la station marine d'Endoume ne se dément pas. Bien au contraire, elle s'étend progressivement et graduellement à tous les aspects de la vie dans les milieux océaniques, en même temps qu'à diverses disciplines dont le concours est indispensable à la compréhension de la structure et de la dynamique des peuplements marins.

L'ensemble de ces études et de ces recherches visant à une meilleure connaissance de l'univers océanique font partie des bases de l'océanographie qui n'est pas une science mais l'application de toutes les sciences à l'étude de la mer. Elle s'appuie sur des disciplines aussi nombreuses que va-

"Jusqu'en 1954, les activités françaises dans le domaine des sciences de la mer restent limitées aux zones proches du rivage"

(1) Ces données, complétées par celles procurées par les campagnes de la *Calypso* en Méditerranée orientale, devaient permettre à Jean-Marie Pérès en collaboration avec J. Picard, de rédiger en 1958, un manuel de bionomie benthique de la Méditerranée, réédité en 1964, et qui aurait bien besoin d'être mis à jour.

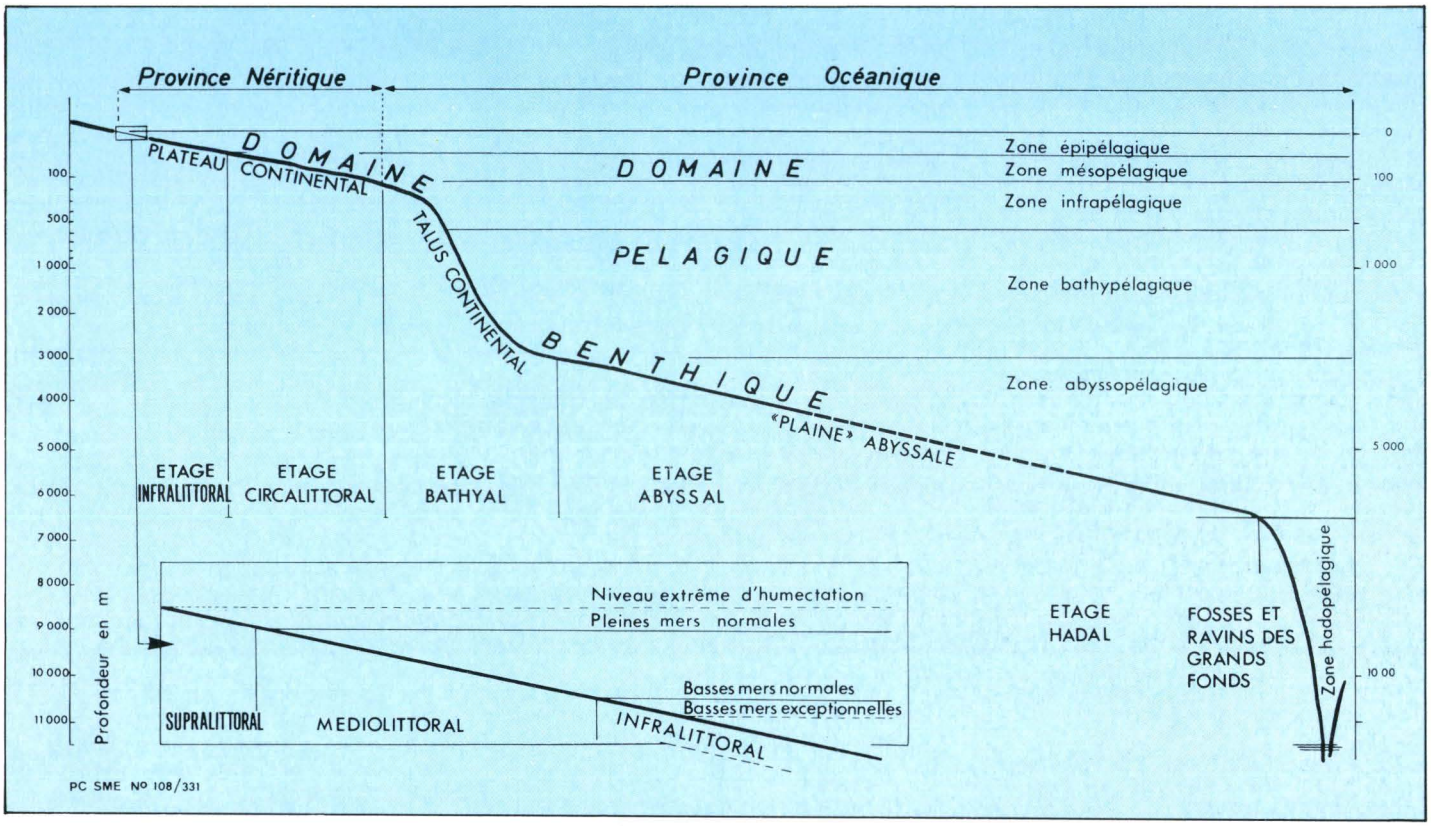
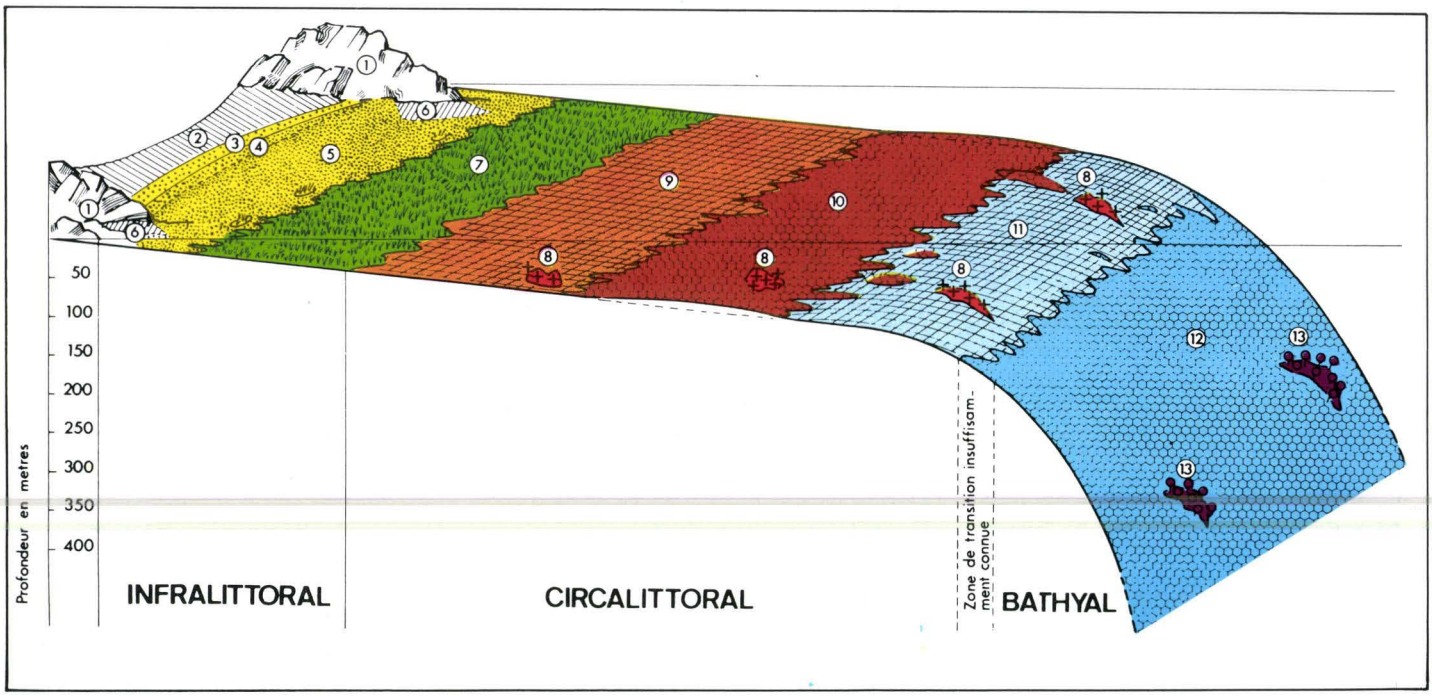


Schéma général de l'étagement vertical des peuplements dans les domaines pélagiques et benthiques. ***(Précis d'océanographie biologique,*** **par Jean-Marie Pérès, P.U.F., 1976).**

Schéma général d'un aspect classique de distribution des peuplements du plateau continental et de la partie supérieure du talus sur la côte française de la Méditerranée. 1 : pointes rocheuses ; 2 : alluvions ; 3 : haute plage et moyenne plage (étages supralittoral, médiolittoral et infralittoral superficiel) ; 4 : biocoenose des sables fins des hauts niveaux ; 5 : biocoenose des sables fins bien calibrés ; 6 : peuplements divers de la roche infralittorale ; 7 : herbiers de posidonies ; 8 : biocoenose coralligène ; 9 : biocoenose des fonds détritiques côtiers ; 10 : biocoenose de la vase terrigène côtière ; 11 : biocoenose des fonds détritiques du large : 12 : biocoenose des vases bathyales ; 13 : biocoenose des coraux profonds.



riées telles que la biologie et l'écologie marines, bien sûr, mais également la géologie, la sédimentologie, la géographie, la physique, la chimie, la biochimie, les mathématiques appliquées...

Jusqu'en 1954, les activités françaises dans le domaine des sciences de la mer restent limitées aux zones proches du rivage, en raison de l'absence totale de navires de haute mer, à l'exception de celui dont disposait l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes. Cet organisme consentait parfois à embarquer certains chercheurs universitaires qui s'efforçaient de profiter de campagnes axées sur des problèmes précis liés au développement des pêches, pour récolter un peu de matériel et glaner quelques observations.

L'océanographie française prend un nouvel essor grâce à l'intérêt que lui portent Gaston Dupouy, alors directeur général du Centre national de la recherche scientifique (C.N.R.S.), et Gaston Berger, directeur général des enseignements supérieurs.

Deux comités de programme océanographique sont créés. L'un est chargé de l'organisation de campagnes scientifiques de haute mer, grâce à l'affrètement de *La Calypso* du commandant Cousteau, l'autre se consacrant à l'exploitation scientifique du premier bathyscaphe français.

Cet intérêt pour l'étude de la mer se concrétise également par la création, en 1954, des deux premières chaires d'océanographie de l'université française. L'une d'elles est créée à la faculté des sciences de Marseille pour Jean-Marie Pérès, l'autre est attribuée au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

Les deux comités de programme océanographique se réunissent pour la première fois à Marseille, à la station marine d'Endoume, en juin 1954.

"L'océanographie n'est pas une science mais l'application de toutes les sciences à l'étude de la mer"

"Dès août et septembre 1954, j'eus l'honneur de diriger la première campagne scientifique effectuée par La Calypso, dans la région du détroit sicilo-tunisien. A cette époque, l'administration et les instances de décision ne laissaient pas traîner les choses. Pendant onze années, les campagnes se succédèrent, portant essentiellement sur le benthos méditer-

(suite de la page 4)

Dans l'intervalle, j'eus la chance, en 1937, d'être envoyé en mission d'une année au Maroc pour y étudier les eaux continentales de lacs et rivières avec, en arrière-plan, un programme d'expansion piscicole. Les connaissances que j'avais acquises pendant mes études, me permirent de ne pas trop me perdre dans la faune aussi riche que diverse des eaux douces de ce pays. Mais, ma profonde ignorance de l'écologie qui n'était pas enseignée en France à cette époque, me fit percevoir pour la première fois l'abîme qui sépare un simple inventaire floristique et faunistique d'une véritable interprétation de l'ensemble du peuplement".

Jean-Marie Pérès commence à travailler sur sa thèse en octobre 1938. Puis, la deuxième guerre mondiale éclate.

"A partir de l'Anschluss, nous savions très bien que ça allait tourner mal, alors que, jusqu'à cette période, un climat que je qualifierai d'agréable et empreint de bonheur régnait sur notre pays. Du moins, l'ai-je ressenti ainsi".

Incorporé en septembre 1939 à l'école d'application d'artillerie de Fontainebleau, il est volontaire pour l'Armée de mer en janvier 1940. Il est alors incorporé comme élève officier dans l'artillerie de côtes, puis nommé aspirant en pleine "débâcle", à la plus grosse batterie du secteur de défense de Toulon.

"De sorte que s'ils s'étaient approchés, j'aurais pu ouvrir le feu sur les Anglais ainsi qu'ils avaient, eux, détruit en partie une escadre française à Mers-el-Kébir, en juillet 1940".

Sa démobilisation en zone sud en août 1940, l'interruption, due à la guerre, de ses travaux au Muséum d'histoire naturelle, la disparition de ses collections ne lui laissent guère d'autres possibilités que de changer radicalement d'orientation, en abandonnant la thèse commencée. Il obtient un poste de préparateur à la faculté des sciences de Marseille, en octobre 1940, là même où son père avait enseigné pendant onze années.

"Mais, j'avais eu la chance, auparavant, d'embarquer sur le navire de l'Institut des pêches pour une campagne de 75 jours, au printemps de 1936, de Brest vers la côte d'Afrique occidentale presque jusqu'à l'équateur, en passant par les Açores et les Canaries. Décidément, le hasard décidait pour moi, et je dus abandonner les eaux douces pour la mer. Je crois que je n'ai pas eu à le regretter.

Je trouvai à la station marine d'Endoume, à Marseille, un petit laboratoire et quelques possibilités de travail vite amenuisées par les difficultés de l'Occupation.

Quelques livres feuilletés, l'intérêt de mon chef de service, le professeur Kolmann, pour l'hématologie, me conduisirent à entamer des recherches d'un point de vue strictement zoologique, notamment sur le groupe des violets : les « Ascidies ».

La thèse qu'il soutient brillamment en 1943, à la faculté des sciences à Paris, après seulement deux ans et demi de travail, porte sur le sang et les organes neuraux des Tuniciers.

"Je me souviens exactement du jour, c'était un 2 décembre, anniversaire de la bataille d'Austerlitz. Simple coïncidence, croyez-moi !

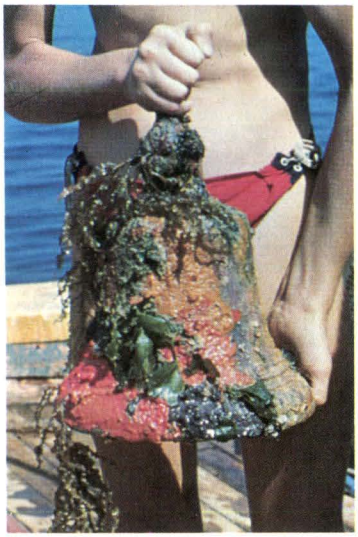
Grâce à l'appui du professeur Louis Fage, je fus nommé sous-directeur au musée océanographique de Monaco, en mars 1943, puis en mai 1944, sous-directeur au Muséum national d'histoire naturelle à Paris, et directeur-adjoint du Laboratoire maritime de Dinard.

Et c'est grâce au professeur Pierre P. Grassé, que je revins à Marseille, en 1947, comme maître de conférences à la faculté des sciences. Quelques années plus tard, ce même professeur, qui est l'un de mes maîtres, me proposa un poste similaire dans son Institut, pour le certificat de biologie des êtres organisés.

Je réfléchis et puis lui dis : « Je vous aime beaucoup, mais je ne nous donne pas six mois avant que nous nous déchirions. De plus, maintenant, je suis devenu un "maritime", ce qui est normal puisque l'eau douce va à la mer ».

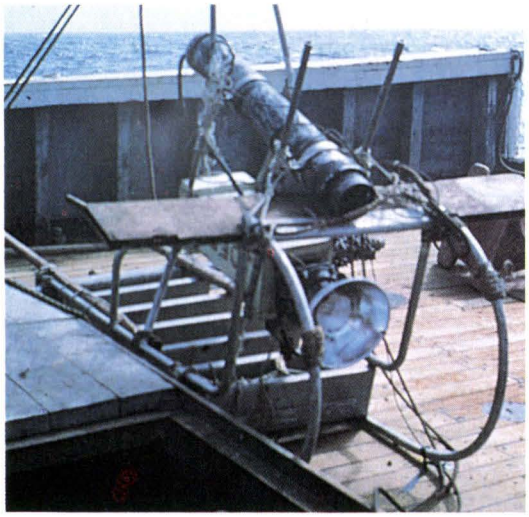
"Eh bien ! dans le fond, vous avez raison", me dit-il.

En 1948, Jean-Marie Pérès prend la direction de la station marine d'Endoume ; il ne quittera plus ce poste jusqu'en 1982, et le modeste laboratoire de la faculté des sciences de Marseille, créé en 1883 par A. F. Marion, deviendra progressivement sous son autorité, un centre d'océanographie de réputation nationale, puis internationale. □



La cloche du "Morse", sous-marin français coulé en 1944 par un avion italien et retrouvé en 1954, par les plongeurs de la *Calypso*, à la demande de la Marine nationale.

L'appareil photographique sous-marin inventé par Harold Edgerton, était fixé sur une échelle à l'aide d'une planche à couper la viande.



Fond vaseux (—180 m) sur la côte est de la Tunisie. On peut voir une Pennatule (dans le cercle) et des traces de deux étoiles de mer, *Luidiidae* qui s'enfoncent pour capturer des proies habitant la couche de subsurface du sédiment (ph. *Calypso*).

ranéen et, principalement, de la partie orientale de cette mer : c'est-à-dire, les côtes tunisiennes, grecques, turques, jusqu'au sud de la Crète, mais aussi en Atlantique. Nous nous consacrions à l'étude de la physionomie écologique et biologique de cette partie de la Méditerranée, bien délimitée par l'arc égéen, dont on ignorait pratiquement tout des peuplements.

Nous pratiquions par dragages et chalutages afin de dresser un inventaire du milieu et d'essayer de définir ce que l'on appelle la biocoenose (2) et que je dénomme maintenant "assemblage". En effet, la notion de biocoenose est une notion purement qualitative alors que la notion de communauté (plus utilisée par les auteurs modernes) implique une quantification. Il a donc fallu adopter un terme plus général qui tînt compte de la méthode de prospection utilisée pour prendre en compte les unités de peuplement quelle que fût la méthodologie utilisée par les auteurs des prospections, et établir des correspondances entre les deux systèmes pour aboutir, comme je l'ai tenté (3), à une classification unique des « assemblages »".

La Calypso du commandant Cousteau est à cette époque le seul navire océanographique français, dans la lignée de la corvette anglaise *Challenger* qui, au cours d'un mémorable voyage autour du monde (1873-1876), inaugura véritablement l'étude des mers profondes. Les travaux se font à l'aide d'appareils de mesure et de récolte, manœuvrés, il faut bien le dire, pratiquement à l'aveuglette. Cette méthode manque évidemment de rigueur et peut donner lieu à de graves erreurs. Aussi, tout naturellement, cherche-t-on à pénétrer directement les profondeurs grâce à des engins habités pour vérifier et compléter les informations recueillies depuis la surface.

Mais, aussi, c'est à bord de *La Calypso* que la pratique du scaphandre autonome Cousteau-Gagnan est pour la première fois, utilisée sur une grande échelle pour des investigations biologiques et écologiques. Et,

(2) Unité de peuplement d'organismes animaux et végétaux, caractérisée par la stabilité de sa composition qualitative. Les constituants établissent des relations entre eux et ont des besoins similaires vis-à-vis des facteurs de l'environnement : lumière, température, agitation...

(3) Dans le traité *"Marine écology"*, dirigé par O. Kinne (vol. V, 1, paru en 1982).

c'est aussi à bord de *La Calypso* qu'ont été faites, lors de la campagne en Tunisie (1954) que dirigeait Jean-Marie Pérès, les premières photos sous-marines utilisant le flash électronique inventé par Edgerton.

"Je me souviens de cette nuit où Cousteau et Harold Edgerton, surnommé « Papa-flash » par l'équipage, avaient ficelé une caméra et le flash sur une échelle, en utilisant la planche à couper la viande prélevée dans la cuisine. L'ensemble a été traîné sur le fond et nous avons obtenu une série de clichés merveilleux.

Plus tard, Cousteau a eu l'idée du traîneau sous-marin, qui ne se renverse pas : la troïka qui a permis de faire des séquences photographiques prolongées sur des fonds plus ou moins irréguliers, sinon même vraiment chaotiques".

Ce ballon sous-marin coule jusqu'à la profondeur désirée grâce à un lest (grenaille de fonte) qui est abandonné pour remonter.

Le premier bathyscaphe fut construit grâce au Fonds national de la recherche scientifique de Belgique et baptisé pour cela *F.N.R.S. II*, le *F.N.R.S. I* n'étant autre que le ballon stratosphérique du même inventeur.

L'essai fait en 1948 se solda par un échec qui tenait à des détails de réalisation et non au principe même de l'engin. A la suite d'une convention passée entre le Fonds national belge et la Marine nationale française, la sphère étanche, pièce essentielle du *F.N.R.S. II*, était remise à celle-ci et deviendrait sa propriété le jour où elle aurait construit un bathyscaphe utilisable.

Les ingénieurs français du Génie maritime, Gemp et Willm, établirent un nouveau flotteur, aux formes beaucoup plus étudiées que celles du *F.N.R.S. II* et auquel fut suspendue, dans une sorte de panier en treillis métallique, la sphère du prototype belge. Ainsi naquit le *F.N.R.S. III* (4) de la Marine française qui, le 15 février 1954, atteignait 4.050 mètres de profondeur au large de Dakar avec le capitaine de corvette Georges Houot et l'ingénieur du génie maritime Pierre Willm .

"Apparaît alors le bathyscaphe qui est, en quelque sorte, un sous-marin suspendu par une grosse bulle d'essence"

Mais il fallait aller plus profond et faire des observations directes, et non pas seulement photographier. Avec son bathysphère, l'américain W. Beebe atteint 750 mètres en 1934. Le benthoscope d'O. Barton plonge à 1.370 mètres en 1948. Mais ces sphères d'acier, suspendues à un câble accrochées à un navire de surface, ne permettent pas une observation libre des profondeurs marines. De plus, ces engins sont exposés à une possible rupture de câble, sans recours possible.

Apparaît alors le bathyscaphe, littéralement *« navire des profondeurs »*, imaginé par le professeur et savant suisse Auguste Piccard, l'inventeur du ballon stratosphérique en 1935. Cet engin est en quelque sorte un sous-marin suspendu par une grosse bulle d'essence.

Le principe de base est d'une géniale simplicité : de même que pour s'élever dans l'air on utilise un ballon avec une nacelle étanche, soutenue par une enveloppe emplie d'un gaz plus léger que l'air, il suffira, pour explorer les eaux, de disposer d'une nacelle étanche, suspendue à un flotteur empli d'un liquide plus léger que l'eau (en fait de l'essence *"H"*, dite *« essence de teinturier ! »*).

Cette plongée marque la fin de la période expérimentale et ouvre celle de l'utilisation scientifique du bathyscaphe, dans le cadre du contrat passé entre le C.N.R.S. et la Marine nationale. Puis, après, le professeur Théodore Monod, directeur de l'Institut français d'Afrique Noire, effectue deux plongées d'observations biologiques qui sont réellement les deux premières plongées de caractère scientifique.

Après le retour à Toulon du bathyscaphe, des programmes de recherche sont établis, des spécialistes appelés à plonger sont désignés. Et, dès le mois d'octobre 1954, Jean-Marie Pérès s'apprête à effectuer sa première plongée.

"Ce fut mémorable. En fait, le bathyscaphe ne voulut pas s'enfoncer dans les eaux, malgré les nombreux sacs de grenaille que l'on rajouta afin d'alourdir l'engin. Et Georges Houot, aussi vexé qu'une mère en présence de sa fillette qui ne veut pas dire bonjour à sa grand-mère, dut ajourner l'opération".

Une semaine plus tard, Jean-Marie Pérès subit son baptême des profondeurs à bord du bathyscaphe, cette fois correctement lesté (5).

"Les mers profondes m'ont toujours attiré et si j'ai eu assez peu d'occasions d'y faire des prélèvements à partir de navires de surface, j'ai eu la chance, en revanche, de les visiter grâce au bathyscaphe et à la soucoupe plongeante (et, finalement, de faire quand même quelques prélèvements). Ces expériences très enrichissantes sont certainement à l'origine de l'extension de mon intérêt pour l'océanographie générale.

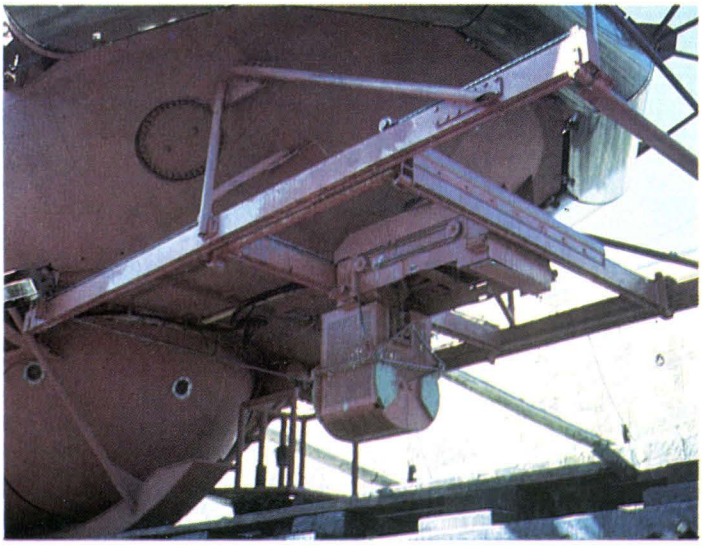
En effet, jusqu'en 1954, mon activité océanographique se limitait au domaine benthique. Mais une plongée en bathyscaphe, opération coûteuse s'il en fût, impose la réalisation de toutes les observations possibles, notamment en utilisant la descente et la remontée de l'engin. C'est ainsi que je dus m'intéresser au domaine pélagique et même à la géologie marine".

Le bathyscaphe étant basé à Toulon, c'est en Méditerranée que Jean-Marie Pérès commence à faire ses premières explorations. Des renseignements précieux sont obtenus en particulier concernant l'étagement des populations pélagiques en fonction de la profondeur, en Méditerranée et en Atlantique. Deux campagnes, l'une dans les canyons sous-marins et le talus continental du Portugal central en 1956, et l'autre, au Japon en 1958, une autre encore dans la fosse de Porto-Rico (8.200 m), permettent aux biologistes de faire de nombreuses observations originales.

Des animaux inconnus sont aperçus sur certains desquels il est même impossible à l'époque de mettre un nom d'embranchement, ou des formes qui échappent aux filets à plancton, par exemple une Annélide polychète pélagique du genre *Tomopteris*, de plusieurs décimètres de long, ou encore des poissons du genre *Paralepis* qui sont toujours en position verticale. Sur les grands fonds, certaines ophiures n'existent qu'au voisinage

(4) Alors que la Marine française réalise le *F.N.R.S. III*, Auguste Piccard construit en Italie son second bathyscaphe doté d'une sphère nouvelle non plus en acier coulé mais en acier forgé et baptisé *Trieste*.

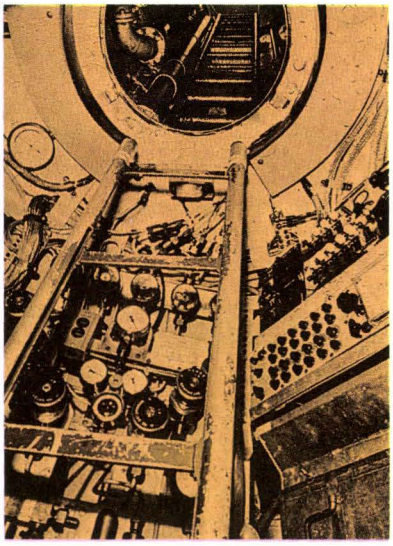
(5) Si le calcul est bon, le seul fait d'ouvrir les vannes inondant le sas, qui assure le passage entre la porte supérieure et la porte de la sphère, provoque le décollage de la surface



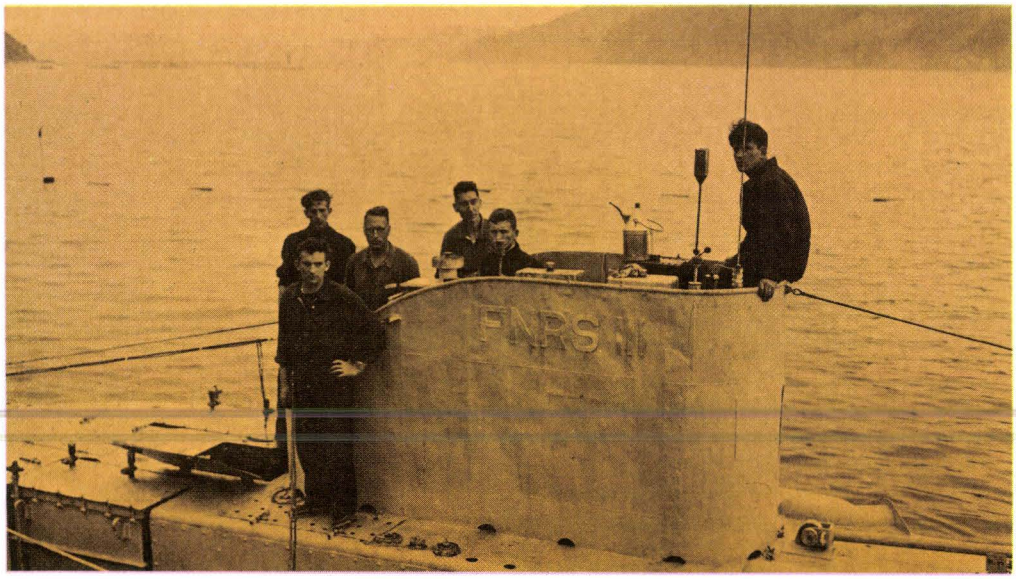
Première campagne hors Méditerranée du *F.N.R.S. III* : Portugal 1956.

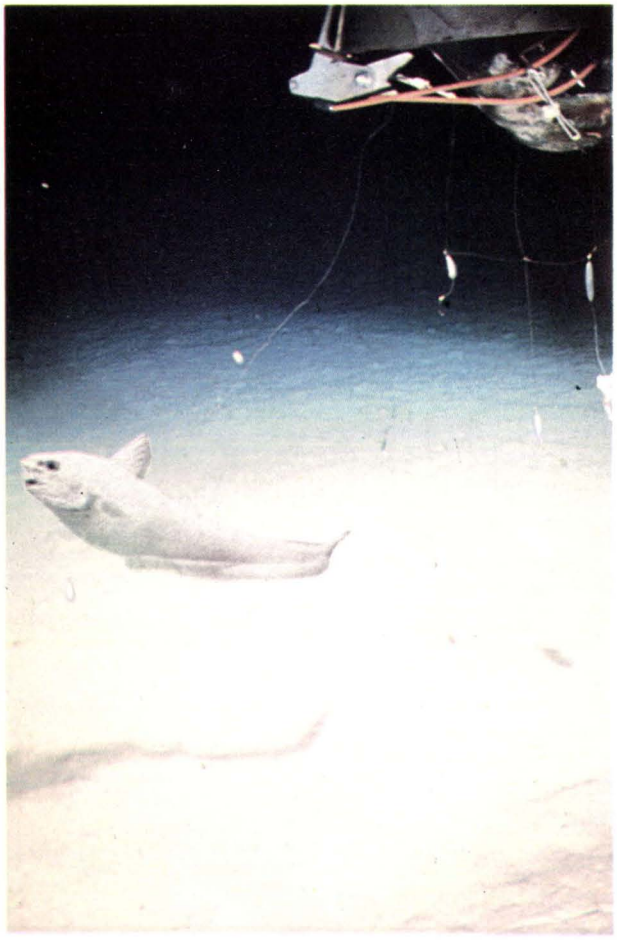
Partie avant de l'*Archimède* : à g., l'habitacle et ses deux hublots ; au premier plan, le système de benne servant à recueillir des échantillons de sédiment.

Une échelle relie la sphère au pont. Le passage est assuré par un sas à deux portes.



"L'équipe" initiale du *F.N.R.S. III*, "les six samouraïs du bathyscaphe" les appelaient les Japonais : de g. à dr., Clément Serrant (au premier plan), Michel Thébaut, Daniel Rost, Georges Houot, O'Byrn et Marcel Berthelot.

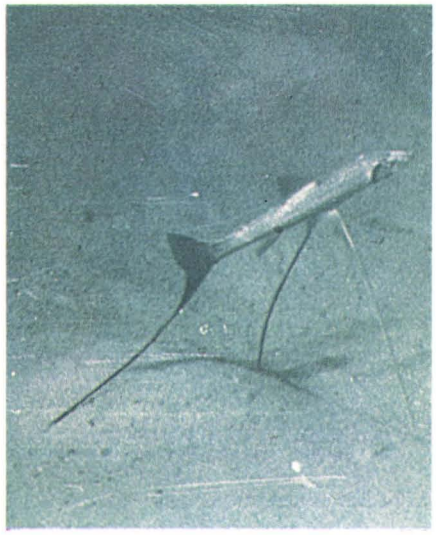


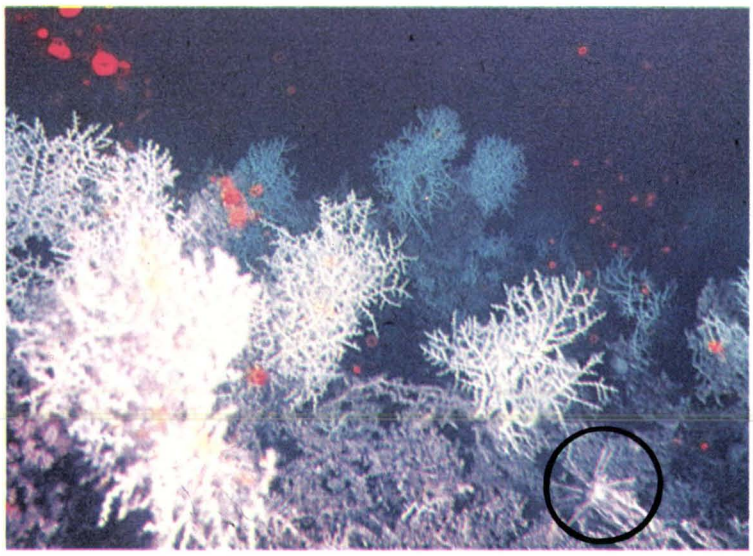


▲ **Dans la fosse des Kouriles, au Japon, à 9.550 m de profondeur au cours des essais de l'*Archimède*. On distingue sur le fond un bouquet d'une espèce non décrite, voisine des *Umbellula* (ph. *"Bathyscaphe"*).**

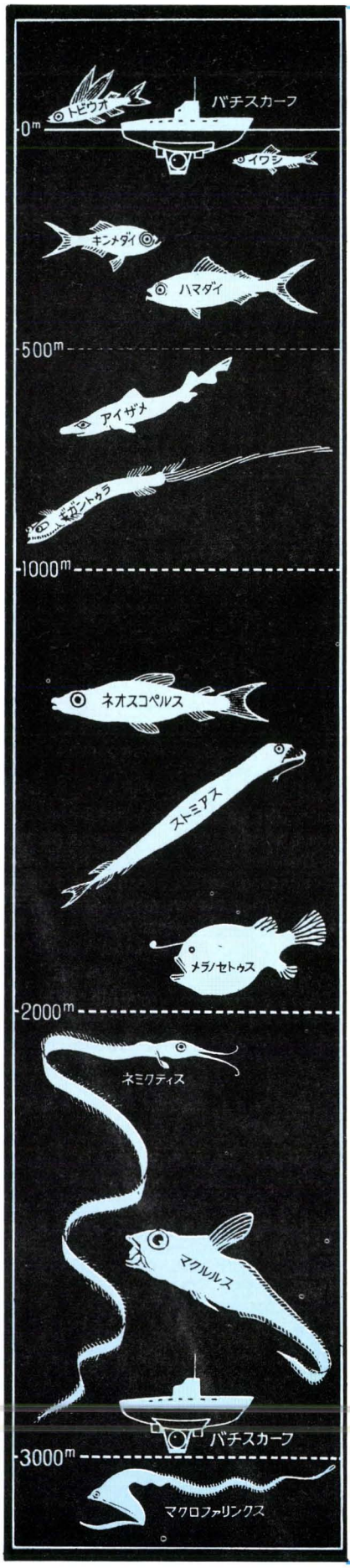
***Bathypterois mediterraneus* (ou *Benthosaurus*). Ce curieux poisson aveugle repose sur un tripode représenté par un rayon extrêmement long de la queue et deux rayons des nageoires.** ▶

◀ **Madère 1960 : tentative de capture d'un *Nematonurus* (poisson de la famille des Macruridés).**

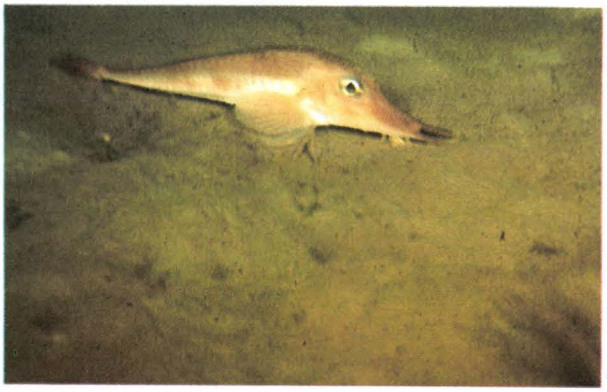




Campagne *Calypso* : îlots de coraux blancs, *Madrepora oculata*, vivant sur la côte nord-est de la Corse, aux environs de 500 m de profondeur. Au premier plan et à dr., l'oursin *Cidaris cidaris*, dressé sur ses piquants, et qui se nourrit surtout d'éponges . ▶

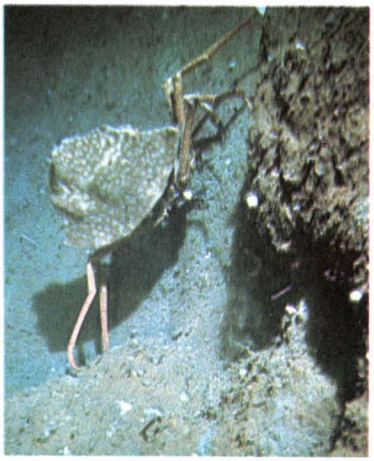


▲ **Enorme Annelide polychète appartenant à la famille des Panthalidae, photographié du bathyscaphe (—420 m) près de la côte grecque. Quand elle est inquiétée, cette espèce s'enfonce dans son terrier en rejetant l'eau et le sédiment qui se situent dans la partie supérieure de son tube : ce qui provoque cet espèce de panache vaseux.**



▶ ***Peristedion cataphractum*, grondin qui vit au rebord du plateau continental (ph. *Calypso*).**

◀ **Représentation schématique d'un certain nombre de types de poissons des profondeurs, publiée dans une revue japonaise.**



▲ **Le gros crabe de Méditerranée *Paromola cuvieri* (ph. *Calypso*).**

◀ ***Leptometra phalangium*. Le panache de ce crinoïde n'est pas en forme de corolle comme celui de *l'Antedon*, mais en forme d'éventail sur lequel l'animal collecte les particules transportées par les coraux (ph. *Calypso*).**

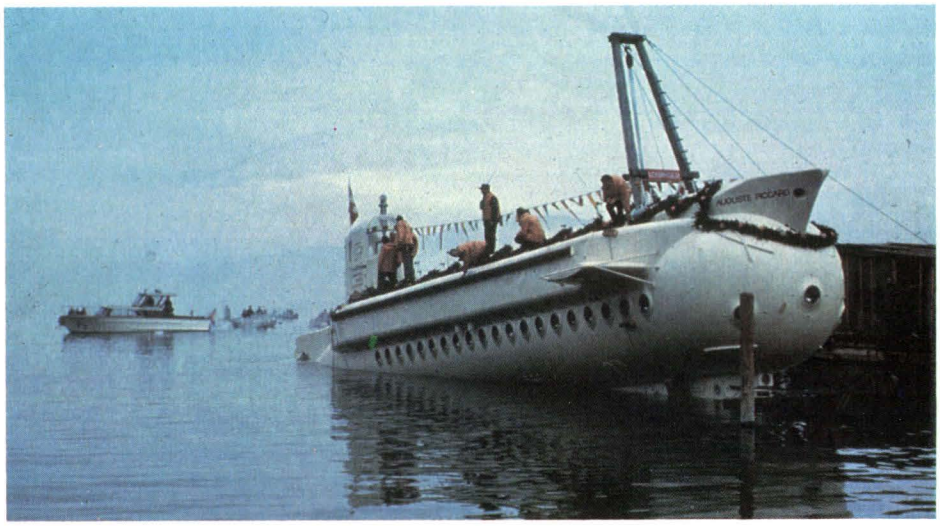
d'éponges, ou encore, il existe des *"oasis"* de vie, séparées par des zones apparemment identiques et où il n'y a presque rien.

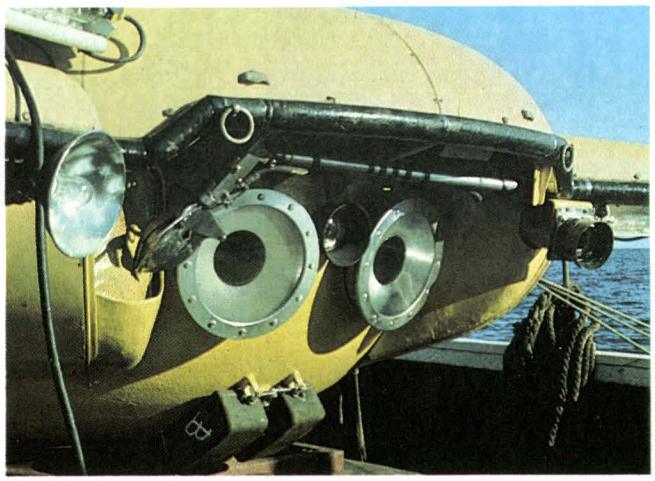
"Quoiqu'ayant fait, personnellement, au moment où j'écris ces lignes (6), neuf plongées avec le F.N.R.S. II (six en Méditerranée et trois en Atlantique), chaque plongée supplémentaire, si elle ajoute à mon expérience d'observateur (7), accroît en revanche ma crainte des synthèses hâtives que l'enthousiasme des premières descentes pouvait faire pardonner".

"Peut-être, lorsque dans cinquante ans, des centaines, ou même des milliers de plongées avec des bathyscaphes auront été faites, nos successeurs souriront-ils de telle ou telle de nos observations ou de nos conclusions, écrit-il encore en 1958. **Qu'ils essayent de comprendre que cette méthode de prospection, qui sera devenue banale pour eux, a été pour les biologistes de notre époque une étonnante nouveauté, et que nos observations, si imprécises ou erronées fussent-elles, auront été le début du chemin qui devait conduire à leurs découvertes" (8).**

En fait, rigueur et prudence sont les maîtres-mots de Jean-Marie Pérès. Bien que l'étude directe des grands fonds fasse des progrès considérables, il considère la plongée en bathyscaphe comme une méthode d'investigation parmi d'autres, dont les observations obtenues sont à rapprocher de celles faites au cours de plongées et celles tirées de prélèvements de plancton, de dragages ou de photographies profondes.

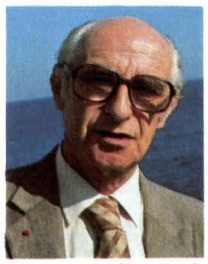
"J'ai toujours essayé de recouper les informations recueillies à partir d'un bateau de surface avec celles que l'on obtenait en bathyscaphe. Par exemple, une année après une campagne du F.N.R.S. II sur les côtes du Portugal, je suis parvenu à embarquer sur un navire de la marine portugaise et j'ai pu mener à bien des opérations qui, dans une certaine mesure, complétaient et vérifiaient les travaux réalisés à bord du bathyscaphe.





Le mésoscaphe de Jacques Piccard, "autobus des profondeurs" du lac Léman, qui transportait une vingtaine de passagers et qui a été transformé temporairement en laboratoire par les scientifiques de l'Université de Genève (ph. Jacques Piccard).

***Denise*, la première soucoupe plongeante de Jacques-Yves Cousteau.**



Demeure une zone dans laquelle l'étude directe est très difficile. En effet, d'une part, on ne peut exploiter le scaphandre autonome au-delà d'une profondeur de 60 mètres. D'autre part, étant données les difficultés et le coût élevé de la mise en œuvre d'un bathyscaphe, les plongées ne peuvent être considérées comme « rentables » qu'aux profondeurs excédant 500 mètres au moins, et même 1.000 mètres.

Pendant longtemps, pour l'espace compris entre 60 et 500 mètres, l'observation directe n'a pu être assurée jusqu'ici par des engins non-autonomes et notamment par les tourelles "Galeazzi" qui exigent évidemment d'être manœuvrées à partir d'un navire d'une certaine importance.

La "soucoupe plongeante" conçue et réalisée par le commandant Jacques-Yves Cousteau vient combler cette lacune dans les moyens de prospection autonome".

C'est le 3 février 1960, de 12 h 15 à 16 h 00 que Jean-Marie Pérès effectue la première plongée à caractère scientifique, à 182 mètres de profondeur, à bord de cet appareil. Elle a lieu sur la rive nord du golfe d'Ajaccio. Depuis, toute une série de ces *"soucoupes"* ont été construites et peuvent atteindre des profondeurs supérieures à celle de *Denise* qui était limitée à 300 m.

Grâce à ces engins de pénétration autonome, la France possède à l'époque une solide avance technique dans le domaine de l'exploration scientifique des mers profondes.

Un nouvel essor est donné à l'océanographie par la création au sein de la Délégation générale à la recherche scientifique et technique,

---

(6) *"Trois plongées dans le canyon du cap Sicié, effectuées avec le bathyscaphe F.N.R.S. III de la Marine nationale"*, par Jean-Marie Pérès — Bulletin de l'Institut océanographique de Monaco (1958). En fait, Jean-Marie Pérès a fait au total 23 plongées avec le *F.N.R.S. III* et *l'Archimède*, dans le Pacifique, l'Atlantique (E. et W.) et la Méditerranée.

(7) *"Plus l'on a fait de plongées et plus l'on est capable d'en tirer parti ; l'on s'habitue à repérer les moindres détails.. « It is a matter of habit »"*, dit-on en Anglais.

(8) *"Remarques sommaires sur l'emploi du bathyscaphe pour les investigations biologiques d'après les résultats de neuf plongées en Méditerranée et en Atlantique"*. Commission internationale pour l'exploration scientifique de la mer Méditerranée (1958).

du Comité d'action concerté *"Exploitation des océans"* (C.O.M.E.X.O.) en 1961. Son but essentiel était de coordonner les recherches réparties entre les différentes disciplines et les nombreux organismes et laboratoires orientés vers l'étude de la mer.

"Des moyens financiers accrus permirent un développement considérable des activités de tous les centres français aptes à participer à l'effort océanographique national, parmi lesquels la station marine d'Endoume, en même temps qu'était lancé la construction du navire de haute mer "Jean Charcot", et cependant que le C.N.R.S., de son côté, réalisait le bathyscaphe Archimède" (9).

La création du Centre national pour l'exploitation des Océans (C.N.E.X.O..), le 3 janvier 1967, devait assurer la pérennité de l'œuvre du C.N.R.S. et du C.O.M.E.X.O., œuvre qui avait redonné aux chercheurs de notre pays une place au moins décente dans le concert de l'océanographie mondiale.

Cet organisme devait, en quelque sorte, constituer un relais entre les connaissances acquises et le développement attendu des activités océanologiques à finalité économique. Sa mission était, en effet, "de développer la connaissance des océans, les études et recherches tendant à l'exploitation des ressources contenues à leur surface, dans leur masse, leur sol et leur sous-sol".

Schématiquement, cette mission qui comporte un pouvoir de coordination, est orientée vers cinq thèmes d'action : ressources vivantes, ressources minérales, intervention sous-marine, lutte contre la pollution, action de l'océan sur les conditions météorologiques et climatiques.

Actuellement, un organisme nouveau est en voie de constitution, l'I.F.R.E. MER, qui regroupera sous une tutelle unique, les activités qui étaient celles de l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes, et celles du C.N.E.X.O.

(9) Cet engin qui est toujours le seul submersible au monde capable de descendre à 11.000 mètres, c'est-à-dire d'explorer les plus grandes fosses connues, prend en 1961, la suite du bathyscaphe *F.N.R.S. III*. Dès le 5 juillet 1962, il plonge à plus de 9.000 mètres dans la fosse des Kouriles, au Japon. A son bord, Jean-Marie Pérès dirige notamment des campagnes scientifiques à Puerto Rico (1964), en Grèce (1965), Madère (1966), au Japon (1967) et aux Açores (1969). Depuis son retour de l'opération *Famous* en 1974, *Archimède* n'a plus repris la mer. Il a été mis *"en réserve opérationnelle"* par le C.N.E.X.O.

TÉMOIGNAGE

"Parler du professeur Jean-Marie Pérès est toujours une entreprise difficile, surtout si l'on a été son élève. Même après avoir atteint l'âge de maturité et être passé — comme l'on dit — de l'autre côté de la barrière, on conserve toujours le respect et la déférence envers le Maître.

Jean-Marie Pérès est de ces rares personnages qui ont été les Maîtres de nombreuses générations d'étudiants et de chercheurs en biologie marine et en océanographie. Pour les étudiants, encore aujourd'hui, il demeure "Monsieur océanographie française" et, pour les chercheurs qui ont travaillé à la station marine d'Endoume, où qui y travaillent encore, il est le "Patron".

Il m'a toujours impressionné avec son ton de voix parfois tonitruant, son regard d'aigle et son sens critique à toute épreuve. C'est pourtant un homme de dialogue et un grand humaniste. Il n'empêche que l'étudiant qui se trouve face à lui, debout dans son bureau ou dans une salle d'examen, ne peut empêcher un courant glacial de lui parcourir le dos.

Et, cependant, c'est de l'admiration avant tout que nous avons éprouvée devant ce grand professeur à la pédagogie sans faille, qui a su nous faire aimer la biologie et la zoologie tant ses cours étaient clairs et agrémentés de dessins merveilleux. Car le professeur Pérès est un excellent dessinateur qui sait fixer sur un tableau noir les détails d'un organisme, éclairant ainsi des explications qui pourraient paraître obscures.

Ses cours sont toujours émaillés d'anecdotes qui soutiennent l'attention de l'auditoire d'un bout à l'autre. Et, jamais, il ne se départit d'un humour parfois cinglant.

Je me souviens d'un cours au S.P.C.N. (Propédeutique des années 50 : sciences physiques, chimiques et naturelles) où, traitant de la sexualité des animaux, il nous parlait de la transformation du coq en chapon par castration. Alors, un "cocorico" sonore jaillit des travées de l'amphithéâtre occupé par quelque 300 étudiants. Jean-Marie Pérès, qui était tourné vers le tableau, acheva un schéma, sans se départir de son calme, puis, se retourna et de sa voix de stentor lança, en relevant ses lunettes sur le sommet de son crâne : "Attention aux ciseaux, là-haut" !

Inutile de dire que tout "l'amphi" partit d'un grand éclat de rire très vite interrompu d'ailleurs, par la voix du professeur qui reprit sa démonstration. Des anecdotes de ce type foisonnent et mériteraient d'être rassemblées dans un recueil.

Il était impossible de chahuter un tel enseignant ; d'ailleurs, personne n'aurait osé s'y hasarder. Il se serait fait immédiatement rappeler à l'ordre par les autres étudiants trop intéressés par des cours aussi passionnants.

Nous acceptions tout de lui, même quatre heures de cours le samedi après-midi.

A lui on ne pouvait rien refuser car il nous faisait rêver. Pensez donc, il "rattrapait" ses cours pour pouvoir la semaine suivante "aller plonger avec l'Archimède au Japon" ! C'est nous tous qui partions par la pensée et qui sondions avec lui les profondeurs abyssales.

Ce fut un honneur et une joie immense pour le jeune chercheur que j'étais de pouvoir débuter une carrière dans le sanctuaire de l'océanographie méditerranéenne, à la station marine d'Endoume.

J'ai eu la chance d'assister à l'expansion de ce grand centre d'océanographie qui n'aurait jamais atteint de tels sommets sans lui. Je, sais aussi tout ce que de nombreux jeunes étudiants lui doivent, je suis de ceux-là.

Ces colonnes me permettent de lui témoigner ma reconnaissance, mon respect et mon affection. Car c'est de l'affection que je ressens aujourd'hui après plus de vingt ans de carrière personnelle, alors que la sienne s'achève.

Je n'ai qu'une seule ambition : travailler et travailler encore, faire un métier passionnant en essayant de mettre tout en œuvre pour ne pas décevoir le professeur Pérès et mériter sa confiance.

J'espère ne pas avoir trop failli !"

Nardo Vicente
directeur du laboratoire
de biologie marine
Faculté des sciences et techniques
de Marseille

"Il est évident que l'océanographie représente un enjeu économique considérable mais c'est une « science chère ». Aussi, dans tous les pays, s'efforce-t-on d'en orienter les activités vers les applications pratiques.

Or, à mon sens, l'opposition si souvent développée entre recherche fondamentale et recherche appliquée ne peut se manifester que dans la conception que le chercheur a lui-même de son activité. L'on distingue, d'ailleurs, depuis quelques années, une recherche que l'on appelle finalisée, ce qui implique une notion d'objectif à atteindre, certes, mais moins contraignante dans le temps et dans l'ampleur du domaine à couvrir, que la recherche proprement appliquée.

La réalisation d'une application, quelle qu'elle soit, passe d'abord par une connaissance aussi approfondie que possible, non seulement du processus ou du phénomène dont on espère une application, mais de tous ceux qui lui sont connexes ; elle exige donc une recherche approfondie et de qualité, qui a des chances de fournir, non seulement le résultat particulier escompté, mais un certain nombre de retombées positives dans d'autres domaines d'application, en plus, bien entendu, de données de caractère fondamental.

Ainsi, mes premières recherches en matière d'écologie marine et de celles de beaucoup de mes collaborateurs, sur les fonds côtiers, ont-elles également débouché sur l'élaboration de cartes bionomiques qui ont été largement utilisées par la suite, notamment lorsque l'on a voulu établir des bases solides sur les progrès de la pollution au cours des trente dernières années... et commencer à tenter de redresser la situation, notamment dans le golfe de Fos-sur-Mer, l'étang de Berre et le golfe de Marseille.

"Il n'existe pas une recherche fondamentale et une recherche appliquée. Il y a la bonne et la mauvaise recherches, et la bonne a pratiquement toujours des retombées contribuant au développement économique"

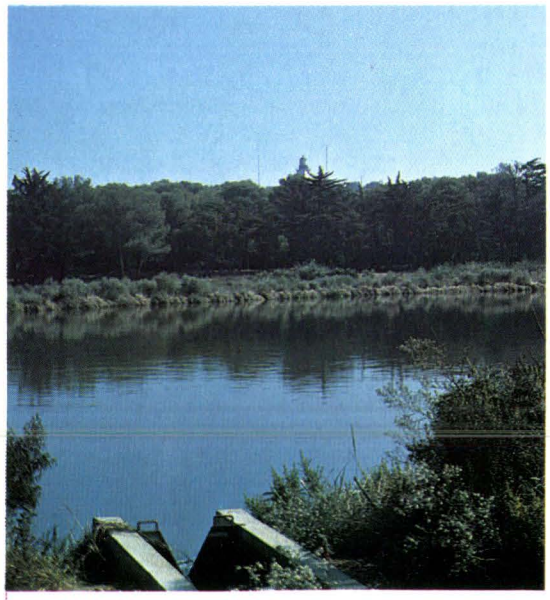
Une recherche trop étroitement tendue vers un but limité et à court terme, n'a, le plus souvent, que des incidences pratiques également limitées et n'apporte généralement aucun accroissement des connaissances fondamentales. Au cours de ma carrière d'universitaire, je n'ai cessé de demander à mes étudiants ce qu'ils avaient en vue, en réalisant leurs travaux, en dehors du progrès des connaissances purement fondamentales.

Cette philosophie de la recherche finalisée issue d'assez nombreuses expériences en France, à l'étranger et dans les organismes internationaux, a toujours inspiré la façon dont j'ai cru devoir aborder les problèmes pratiques qui m'étaient posés ou dont l'étude était demandée à des groupes de recherche de la station marine d'Endoume.

En fait, il n'existe pas une recherche fondamentale et une recherche appliquée. Il y a la bonne recherche et la mauvaise recherche, et la bonne a pratiquement toujours des retombées contribuant au développement économique".

C'est cette tendance que Jean-Marie Pérès a toujours essayé de promouvoir dans les rapports entre les organismes océanographiques français et ceux de nombreux pays étrangers, aussi bien ceux qui sont techniquement évolués que dans ceux qui sont en train de développer leur politique dans le domaine des sciences de la mer. La science n'ayant pas de frontières, ni politiques ni idéologiques, fut entrepris, dès 1961, notamment, le développement des relations franco-soviétiques en océanologie, ce qui l'a conduit à de fréquents voyages en U.R.S.S., jusques et y compris dans les territoires d'Extrême-Orient.

La station d'épuration et de lagunage aéré de Porquerolles. "La pollution nécessite une action urgente à l'échelon individuel, national et international".



Les questions pratiques que Jean-Marie Pérès et ses collaborateurs abordent peuvent être classées en trois groupes : les salissures, la pollution, l'aquaculture. Il faut y ajouter celles qui sont directement en rapport avec la rationalisation de l'exploitation des ressources naturelles des océans, c'est-à-dire des pêches.

Le terme de salissures englobe l'ensemble des organismes marins, végétaux et animaux qui se fixent sur les surfaces artificielles : coques de navires, bouées, circuits de refroidissement utilisant l'eau de mer de diverses industries, etc. Le développement des salissures représente, par exemple, pour les navires, un problème important du fait de l'effet de freinage qu'elles produisent sur la marche de ceux-ci.

"Nous avons effectué des études à la demande de diverses collectivités publiques ou privées, presque exclusivement d'ailleurs pour les problèmes posés par des implantations industrielles côtières. J'ai été souvent appelé à donner des consultations sur des problèmes de salissures apparues dans des circuits de refroidissement, puis à titre préventif, lors de la construction de raffineries, d usines de pétroléochimie, de centrales thermiques, d'usines métallurgiques ; des recherches ont porté notamment sur les procédés de chloration de l'eau et ont débouché sur une méthode qui a produit d'excellents résultats, sans entraîner de pollution marine en aval de l'usine".

"Les problèmes de pollution n'ont commencé à me préoccuper que vers 1968 et j'ai orienté un groupe de recherche de la station marine d'Endoume vers ce type d'application pratique de l'océanographie biologique".

L'équipe de collaborateurs réunie par Jean-Marie Pérès étudie principalement, outre les problèmes de *"pollution thermique"*, l'effet de divers types de pollution (détergents, pesticides, hydrocarbures, métaux lourds...), surtout la pollution urbaine, sur les peuplements benthiques méditerranéens, et, plus tard, sur la masse d'eau et le plancton qu'elle renferme.

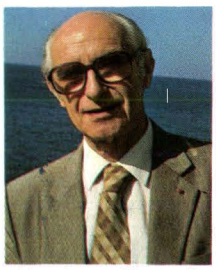
Il ne participe pas aux travaux expérimentaux sur la toxicité à court terme ou à long terme de divers produits ; en revanche, il suit de près, avec divers collègues et collaborateurs, l'élaboration des cartes de peuplements indicateurs de pollution aussi bien sur les fonds que dans la masse d'eau. Les progrès de la pollution sont tels, dans certains secteurs, que la cartographie doit être mise à jour tous les deux ans.

"La lutte contre la pollution marine est un élément du problème global de la pollution de l'environnement de l'homme ; comme telle, elle ne connaît pas de frontière. Elle nécessite une action urgente à l'échelon individuel, national et international. C'est essentiellement une question d'argent. Ce qui est dramatique, c'est que les dirigeants de pays en voie de développement qui commencent à transformer leurs ressources minérales et à en faire au moins un premier traitement nous disent : **« Vous avez souillé l'eau pendant suffisamment de dizaines d'années ; c'est maintenant à notre tour ! ».**

Cet argument n'est certes pas acceptable mais il faut comprendre que ces pays ne sont pas à même de supporter entièrement le coût de la lutte antipollution. Aussi, la part que doivent assumer en ce domaine les nations techniquement avancée doit-elle être prépondérante.

"Certes, il y a des atteintes qui ne sont pas réversibles mais il est encore temps de sauver l'océan mondial et, avec lui, la planète pour peu qu'on y consacre l'effort nécessaire"

Certes, il y a des atteintes qui ne sont pas réversibles mais il est encore temps de sauver l'océan mondial et avec lui la planète, pour peu qu'on y consacre l'effort nécessaire. En effet, si l'on cesse de salir un endroit déterminé, on peut envisager d'y retrouver un jour un environnement benthique acceptable, exploitable, mais différent évidemment du milieu initial. Par contre, le plancton, du fait de la brièveté de son cycle biologique, se reconstitue assez rapidement si la perturbation est supprimée".



L'aquaculture marine est une autre application pratique de l'océanographie biologique. L'intérêt que je lui ai porté procède de l'orientation vers des recherches de ce type décidées dès le milieu de l'année 1967 par le Centre national pour l'exploitation des océans, qui s'était fixé pour objectif de parvenir à des élevages économiquement rentables pour un certain nombre d'espèces côtières.

En principe, la réussite optimale consiste à maîtriser totalement le cycle biologique des espèces que l'on veut élever pour la consommation : ceci a été réalisé à l'échelle du laboratoire pour d'assez nombreux crustacés et poissons, mais la rentabilité de telles opérations est discutable, au moins dans les pays à structures sociales évoluées.

Oeuf de turbot

Turbot de quelques jours

Pour les poissons, la fécondité élevée de nombreuses espèces est liée à un taux de mortalité extraordinairement important. Aussi, sans pour autant abandonner l'étude des conditions artificielles de reproduction, l'obtention de résultats à court terme demandés dans le cadre de contrats, a-t-elle conduit à orienter l'effort principal sur l'étude des conditions

La carrière de Jean-Marie Pérès

Né en 1915
docteur ès sciences (1943)
Membre de l'Académie des sciences

Principaux postes précédemment occupés

Sous-directeur au Musée océanographique de Monaco (1943-1944) ; sous-directeur au Muséum d'histoire naturelle, à Paris, et directeur adjoint au laboratoire maritime de Dinard (1944-1947) ; maître de conférences, puis professeur de biologie animale (1951), puis, professeur d'océanographie à la faculté des sciences de Marseille depuis 1954 ; directeur de la station marine d'Endoume (1948-1982) ; vice-doyen de la faculté des sciences (1964-1968) ; chargé de mission auprès du ministre de l'Education nationale pour l'organisation du Centre universitaire de Marseille-Luminy (octobre 1968 - mai 1969) ; directeur de l'U.E.R. des sciences de la mer et de l'environnement (université d'Aix-Marseille), de 1970 à 1974.

Fonctions actuelles

Professeur titulaire d'océanographie à l'Université d'Aix-Marseille II, directeur du centre de 3e cycle d'océanologie depuis 1954.

Autres fonctions au plan national

Président du comité du benthos de la Commission internationale pour l'exploitation scientifique de la mer Méditerranée (1955-1966) ; expert ou membre des délégations françaises au conseil international de la mer (Copenhague), au conseil général des pêches de la Méditerranée (F.A.O.), à la commission océanographique intergouvernementale (U.N.E.S.C.O.) ; membre élu de la commission de biologie animale du C.N.R.S. (jusqu'en 1970) ; membre du comité de direction de la *Calypso* (1951-1968) ; membre du comité technique d'océanographie de l'O.R.S.T.O.M. ; président du comité de direction du bathyscaphe (jusqu'en 1969) ; vice-président du comité *"Exploitation des océans"*, Délégation générale à la recherche scientifique et technique (1962-1966) ; membre du sous-comité *"Océanographie"* de l'O.T.A.N. ; membre de la commission *"Océanographie et physique de l'atmosphère"* du C.N.R.S. (jusqu'en 1970) ; membre du groupe de travail *"Océanographie"* du Ve Plan ; vice-président du comité scientifique et technique du C.N.E.X.O. (1967-1975) ; président du comité scientifique d'orientation et des programmes C.N.E.X.O. *"Exploitation de la matière vivante"* ; membre élu du comité consultatif des universités, division des sciences (de 1963 à 1977) ; membre du conseil de l'université d'Aix-Marseille ; expert auprès de la sous-commission *"Eau"* (O.R.E.A.M.) ; conseiller scientifique du Secrétariat permanent pour l'étude des problèmes de pollution pour la région de Fos-sur-Mer ; membre du conseil d'administration de l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes (depuis 1970) ; président du comité de direction du laboratoire C.N.R.S. de biologie marine et océanographie de Roscoff (1970-1978) ; membre de la commission régionale du VIe Plan (1971) ; membre du comité économique et social de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur (1975-1979) ; membre du Conseil de la recherche du ministère de la Qualité de la vie ; expert auprès de la *"Red sea commission"* (Mer rouge) ; membre du Conseil supérieur des installations classées (ministère de l'Industrie) ; membre du comité de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse ; membre du comité des Sages pour l'ostréiculture du Bassin d'Arcachon ; membre du comité électro-nucléaire C.N.E.X.O.-E.D.F.-I.S.T.P.M.

Allocution inaugurale d'une conférence internationale intermunicipale contre la pollution de la Méditerranée, à Barcelone (1981).

Activités scientifiques diverses

Chef de mission pour 10 campagnes de *La Calypso* ; missions à bord des divers navires (Faial, Président Théodor Tissier) ; 23 plongées en bathyscaphe (Méditerranée, campagnes au Portugal, Madère, Açores, Porto-Rico, au Japon (I et II) ; plongées en *"soucoupe"* Cousteau ; environ 225 publications, concernant les Polychètes, les Ascidies, les crustacés, les mollusques, les poissons, la biologie marine, l'océanographie biologique, les pêches, l'aquaculture ; un livre sur la vie benthique (Paris, P.U.F., 1961, 545 pp.), un autre (en collaboration) sur la vie pélagique (P.U.F., 1963) ; deux volumes de la collection *"Que sais-je ?" : La vie dans les océans"* (Edition du Seuil, 1968 - traduction en russe et en espagnol) ; *"Clefs pour l'océanographie"* (Editions Seghers, 1972) ; *Précis d'océanographie Biologique* (P.U.F. 1976). Marine Ecology, vol. 5, 1, 1982 ; missions pour l'organisation de la recherche océanographique au Brésil (1960 et 1964) ; mission préparatoire pour l'année internationale de l'océan Indien (1961) ; missions U.N.E.S.C.O. pour l'organisation de la recherche océanographique en Tunisie (1962), en Algérie (1963), au Maroc (1967) ; Cours et conférences en Belgique, Allemagne, Italie, U.S.A., Madagascar, Mexique, U.R.S.S., Roumanie, Bulgarie, Liban, Israël, Brésil, Corée, Espagne, Portugal, Algérie... ; fondateur de la station marine de Tuléar (république malgache) en 1961 ; membre de "l'*Expert advisory group*" — Marine research laboratory à Saint-Jean-de-Terre-Neuve (1968) ; membre du groupe d'experts pour le programme de la décennie internationale d'exploration de l'océan (U.N.E.S.C.O.-C.O. I, F.A.O., S.C.O.R., W.M.O. (Ponza - Rome - avril-mai 1969) ; expert désigné par la F.A.O. pour la réunion sur les ressources des profondeurs de la Méditerranée (Rome 1969) ; membre de la délégation française au symposium international sur la pollution des océans (F.A.O., Rome, 1969) ; membre de la délégation française à l'Assemblée générale du programme biologique international (Rome, 1970), et à la réunion de la section *"Productivité marine"* du P.B.I. (Rome, 1971) ; membre du groupe de cinq spécialistes désignés par la F.A.O. pour l'étude de l'utilisation des habitats et véhicules sous-marins (Rome, 1969) ; missions au Brésil (1971, 1974 et 1982) pour l'étude de deux projets, l'un de fertilisation marine, l'autre de protection contre la pollution (Institut de recherche de la Marine) ; participation comme invité et rapporteur à de nombreux congrès, colloques, symposia ; mission en Irlande, 1972 (Coopération), à Genève (O.M.S./F.A.O. — réunion sur les poissons vénéneux — 1972), en Espagne (1973) pour un séminaire d'aquaculture, en république d'Argentine, 1974 (Coopération), Portugal, 1974 et 1983 (Coopération), Corée 1982 ; expert F.A.O. pour le programme mondial d'aquaculture (1973) ; organisation du programme de valorisation des lagunes en Tunisie (depuis 1975) ; organisation des enseignements d'océanographie à l'université d'Annaba (Algérie) 1983...

Distinctions honorifiques

Officier de la Légion d'honneur (1975) ; officier de l'ordre national du Mérite (juillet 1966) ; officier du Mérite maritime ; commandeur des Palmes académiques ; lauréat de l'Académie des sciences ; membre de l'Académie royale de Belgique ; docteur honoris causa des universités de Zagreb, Modena et Liège, lauréat de la Société zoologique de France (Prix Maloteau de Guerne, 1943) ; médaille d'or de la Société nationale de la protection de la nature (1964).

"Actuellement, je pense que la nourriture constitue dans une certaine mesure le principal obstacle à la rentabilité de l'aquiculture"

dans lesquelles on pourrait assurer la croissance jusqu'à la taille marchande de jeunes individus prélevés dans les conditions naturelles ou issus d'écloseries artificielles, et qui seraient ainsi soustraits à la voracité des prédateurs, existant en milieu ouvert".

Le problème majeur qui se pose alors est celui de la nourriture du cheptel. Dans les pays, comme le Japon, qui disposent d'une main-d'œuvre à bon marché, d'activités de pêche importantes et diversifiées, il est relativement plus facile et plus économique d'utiliser de la nourriture fraîche : mollusques et poissons de faible valeur commerciale, préalablement hachés.

Au contraire, compte tenu du prix de revient de la main-d'œuvre en France, (comme tous les pays socialement évolués d'ailleurs) et de la faiblesse relative des apports de pêche — et donc du "faux poisson" — dans notre pays, nourrir de cette façon des élevages d'envergure paraît irréaliste à Jean-Marie Pérès.

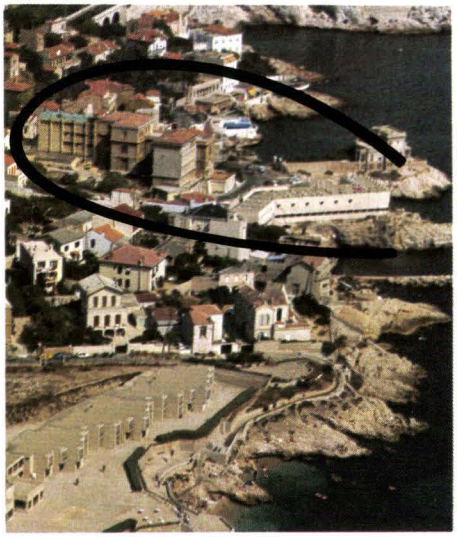
Aussi demande-t-il aux chercheurs de procéder à l'étude d'aliments composés susceptibles d'être fabriqués industriellement.

"Mais il fallait éviter de reproduire l'erreur qui avait été commise pour l'élevage industriel de certaines volailles ou d'autres animaux domestiques, erreur consistant à donner à peu près n'importe quelle provende pourvu qu'elle assurât un engraissement rapide. Cette erreur a été corrigée aujourd'hui mais ses effets se font encore sentir dans la désaffection des consommateurs pour certains produits.

Ainsi, les recherches commençaient par le rassemblement de données sur la composition biochimique de la nourriture de diverses espèces, grâce à des analyses très poussées du milieu intérieur, des muscles, du fonctionnement du foie, etc., et ceci chez des animaux d'âges divers. Ces données, une fois acquises, il n'y avait plus, en apparence, qu'à chercher dans l'arsenal des « nutriments » industriels de quoi réaliser les formules d'aliments ainsi dégrossies. En fait, cela a été beaucoup plus compliqué, car il a fallu mettre au point, d'abord des liants pour assurer la cohésion des granulés et monter un petit atelier pilote de fabrication, car les quantités dont nous avions besoin (quelques dizaines de kilogrammes par jour) n'intéressaient pas les industriels provendiers. Il a fallu aussi, par des centaines d'expériences, déterminer le montant de l'indispensable fraction indigestible (ballast intestinal), la ration optimale par jour, le rythme de distribution, la densité de la population en élevage. Par exemple, nous savons aujourd'hui fabriquer des aliments qui permettent d'obtenir des loups de 250 grammes, c'est-à-dire « portion », en 22 à 24 mois. Mais, pour atteindre le seuil de rentabilité d'élevage de cette espèce, il faut encore beaucoup travailler pour diminuer notamment le prix de revient de l'alimentation : cette nourriture coûtait, il y a deux ans, environ une dizaine de francs le kilo.

Pour les crustacés, la même voie de recherche a été suivie, pour la mise au point d'aliments artificiels avec un succès qui, s'il est moins évident que pour les poissons, n'en est pas moins encourageant. Quoique des recherches de physiologie et de biochimie aient été faites sur des crustacés

La station marine d'Endoume



Ph. Yann Thibault

"Le laboratoire d'Endoume, construit en 1883 à la pointe de ce nom, domine la rade du Prado dans laquelle débouche la vallée de l'Huveaune, dans la portion sud-est du golfe de Marseille", écrit son fondateur le Pr A.-F. Marion* en 1897. *"Sa position fut choisie de manière à se trouver à proximité des fonds sous-marins les plus variés. Je ne connais pas de régions marines réunissant, avec de telles surfaces, des fonds aussi différents et aussi abondamment peuplés".*

Aujourd'hui laboratoire associé au C.N.R.S. et rattaché à l'université d'Aix-Marseille II, la station marine d'Endoume a été dirigée par le professeur Jean-Marie Pérès depuis 1948, et jusqu'au 31 décembre 1982.

Ses activités couvrent l'ensemble des sciences de la mer, à l'exception de l'océanographie physique *per se* et de la géophysique.

L'effectif global qui dépasse la centaine de chercheurs est réparti en douze groupes de recherche :

Production pélagique, distribution pélagique, production benthique des fonds meubles ; substrats rocheux, bioconstruction, biodégradation ; récifs de coraux et milieux environnants, pollution et protection des milieux naturels, microbiologie et protophytes, biochimie marine, physiologie et aquaculture des poissons téléostéens, physiologie et aquaculture des crustacés, biologie marine générale, géologie et sédimentologie.

Ces groupes sont implantés soit dans les locaux de la station marine elle-même (dont la surface a été triplée entre 1958 et 1967), soit dans des locaux du campus universitaire de Marseille-Luminy ; de plus, trois antennes permanentes fonctionnent hors de Marseille, à La Rochelle, à Tuléar (Madagascar), à Saint-Pierre-de-la-Réunion.

Il est évidemment hors de question de dresser même un bilan sommaire de près de quarante années d'une œuvre collective qui se traduit, dans l'état actuel, par plus d'une centaine de notes et mémoires chaque année, et qui a produit quelque dizaines de thèses de doctorat ès Sciences et au moins deux cents thèses de 3e cycle, sans compter les mémoires conduisant à d'autres grades ou diplômes.

La station marine d'Endoume a acquis, grâce à cet effort collectif, une réputation nationale et internationale qui profite à chacun de ses membres, tant par la diffusion de ses publications qui valent à la bibliothèque de fructueux échanges, que par les visites de chercheurs étrangers et par les invitations qui sont adressées aux chercheurs de la station. □

(*) *"La station zoologique d'Endoume"*, par le Pr A.-F. Marion Revue générale internationale (Bibliothèque du Musée de la marine de Marseille).

divers (homards, crabes, crevettes), c'est seulement sur ces dernières qu'a porté l'effort d'aquaculture proprement dit. Encore m'a-t-il paru raisonnable de le limiter a des espèces indigènes, car, si la technique est connue pour la crevette japonaise, il paraît préférable pour des élevages « commerciaux », d'utiliser des espèces mieux adaptées à nos climats.

Quel que soit mon intérêt pour les problèmes d'aquiculture de poissons et de crustacés marins, je ne méconnais pas les limites de ces techniques, et je pense que le rôle qu'elles peuvent jouer dans une éventuelle solution du problème de la faim dans le monde sera relativement modeste.

Certes, des opérations de type extensif peuvent, dans des pays du tiers-monde où l'espace côtier s'y prête et n'est pas suroccupé, résoudre des problèmes locaux d'insuffisance de protéines animales. Dans les pays techniquement évolués où la place disponible sur les rivages sera le plus souvent affectée soit à des usages industriels (d'ailleurs générateurs de pollutions) soit aux activités liées à la civilisation des loisirs, les entreprises d'aquiculture, forcément alors de type intensif, ne pourront être que de dimensions réduites et concerneront les espèces nobles.

Actuellement, je pense que la nourriture constitue dans une certaine mesure le principal obstacle à la rentabilité de l'aquiculture mais je pense également qu'elle deviendra une activité rentable dans un petit nombre d'années, si l'on parvient évidemment à maîtriser les graves problèmes d'épizooties qui ne manqueront pas de survenir. Mais je crois aussi à la possibilité, dans notre pays, de voir se développer de petites opérations d'aquiculture semi-intensive dans des portions de lagunes côtières ou dans de petites baies suffisamment bien délimitées, où la nourriture naturelle du cheptel serait complétée par un apport d'aliments composés ; une telle aquiculture pourrait être une activité parallèle et complémentaire de celle de certaines des populations côtières pratiquant la pêche artisanale".

Entretiens avec Christian Frasson
Janvier 1983

—Professeur, auriez-vous souhaité que je vous pose une question particulière ?

Un court silence rompu par un *"Non !"* met un terme au dernier entretien que Jean-Marie Pérès m'a accordé. Demeure ce portrait, le seul à notre connaissance, réalisé à ce jour sur cet homme de science qui est également, même s'il s'en défend, un philosophe qui observe l'homme en écologiste.

"Je pense que l'on est maître de sa vie et de sa carrière seulement jusqu'à un certain point. Les circonstances et les facteurs extérieurs, les événements, surtout dans le monde actuel, vous conduisent à infléchir la voie que vous vous êtes tracée. Ce sont la guerre et certaines rencontres qui ont fait de moi un océanographe fixé à Marseille, alors que je me consacrais à l'étude des eaux douces au Muséum d'histoire naturelle à Paris".

Evoquant la maladie, Jean-Marie Pérès *"pense qu'il est possible de s'arranger de toute chose, enfin, de beaucoup de choses, à force de volonté".* Lui-même, frappé le 20 décembre 1980 par un grave accident cérébral qui l'a privé momentanément de l'usage de la parole et de l'écriture, n'a pas renoncé ; il a réappris à lire et écrire en quelques mois. Il a repris ses cours cinq mois après, pour finir l'année universitaire, semblant avoir quelque temps côtoyé la vieillesse, *"le moment où je ne pourrai plus faire ce que j'ai envie de faire".*

"La mort ?" Il n'en sait rien et s'efforce de n'y pas penser.

Par nature, généreux, indulgent, bon (et même *"poire"* dit-il) Jean-Marie Pérès pense qu'autrefois *"les gens avaient des sentiments beaucoup plus sains. Aujourd'hui, c'est indiscutable, on vous respecte seulement dans la mesure où vous pouvez rendre le mal pour le mal. Il n'y a pas de doute que la muflerie et l'arrivisme sont beaucoup plus développés ; peut-être est-ce dû, dans une certaine mesure, à une certaine lutte pour la vie. Mais, heureusement aussi, il y a toujours des retours de bâton pour ceux qui agissent avec bassesse, pour ceux qui font des « crasses » à autrui.*

"Je voudrais insister sur le sentiment profond de gratitude que j'éprouve vis-à-vis de ceux, qui, par leurs conseils et leur appui, m'ont permis de faire une carrière personnelle conforme à mes goûts, qui m'ont donné les moyens, aussi, de rassembler autour de moi, une vaste équipe, de chercheurs dotés de moyens convenables"

Je ne trouve aujourd'hui ce sentiment d'amitié sincère et d'absence de jalousie que chez des personnes qui sont mes aînés ou mes contemporains". Il y a certainement des exceptions et la fin de ma carrière approchant, j'ai tout loisir de discerner, chez les uns et les autres, ce qui est attachement sincère, ou au contraire égoïsme.

J'ai 67 ans passés. Je cesserai mes activités le 30 septembre 1984".

En fait, telle qu'il l'envisage, la retraite *"c'est avoir la paix pour se consacrer à des quantités de travaux qu'il n'a pas pu réaliser à ce jour ou qu'il n'a pas pu achever faute de temps.* Il souhaite également effectuer des voyages scientifiques notamment pour donner des cours dans des pays dits en voie de développement.

"Le bonheur, dit-il gravement, *c'est indiscutablement faire ce que l'on veut et ce que l'on aime et aimer ceux que l'on aime et qui vous aiment".*

Europe-en-Méditerranée

par Alain Bombard

Qui tient la Méditerranée, tient l'Europe''. C'est une des phrases clés de l'un des livres de Clausewitz sur la guerre : *''De la guerre''.* Qu'en est-il ? Comment se situe l'Europe par rapport à la Méditerranée ? Pour répondre, situons d'abord brièvement l'histoire des rapports entre la Méditerranée et l'Asie, puis, ensuite, entre la Méditerranée et les pays européens.

La Méditerranée a été véritablement le lieu de séparation entre l'Asie et l'Europe. En fait, l'Europe n'est pas l'un des cinq véritables continents, qui sont l'Eurasie, l'Afrique, l'Amérique, l'Océanie et l'Antarctique. C'est l'histoire qui l'a artificiellement écartée de son continent-mère, qui est l'Asie, et nous pourrions dire que l'Europe, à l'image de l'Inde, est un sous-continent.Or, cette séparation s'est produite à la frontière actuelle de l'Asie, qui d'ailleurs varie suivant les pays : pour les Soviétiques, par exemple, l'Arménie se situe en Europe alors que pour nous, elle se trouve en partie en Asie. En fait, ce sont les Dardanelles.

Et la guerre de Troie, qui décrit en réalité la somme des guerres qui ont dû éclater entre l'Empire perse ou les empires antérieurs tels que le pays de Sumer, et l'empire grec, qui est un empire européen, et puis, l'empire africo-asiatique qui était l'Egypte, est le résumé poétique d'un long combat qui a finalement isolé l'Europe. Après quoi, les hommes ont voulu dominer la Méditerranée, et ce sont les Romains qui sont véritablement parvenus à exercer la maîtrise des deux rives de cette mer qu'ils appelaient *''Mare Nostrum''.*

Le Sud de la Méditerranée, sauf l'Afrique du nord actuelle, sauf le désert égyptien qui était la dépression de Quattara, était le véritable grenier

de Rome. Il y avait des arbres jusqu'au bord de la mer ; il y avait de l'eau, comme le prouvent d'ailleurs des vestiges tels que les thermes de Leptis Magna, en Tripolitaine actuelle ; les piscines de Tripoli, le théâtre d'El Djem, en Tunisie ; les thermes de Timgad, en Algérie. Grecs et Romains ne construisaient pas de thermes s'il n'y avait pas d'eau.

Au Ve siècle, Saint-Augustin, qui était originaire d'Afrique du Nord, qualifiait de "forêt nubienne" la rive sud de la Méditerranée, l'Afrique étant considérée comme la Nubie. Les déserts de Cyrénaique, de Marmarique, de Tripolitaine et du Sud de la Tunisie étaient donc à l'origine des pays florissants et fertiles.

C'est la surculture de trois moissons par an de la même céréale (blé) et le fait que l'on ait abattu les forêts (d'abord pour construire des navires et ensuite pour produire du combustible) qui ont provoqué la désertification de ce territoire.

Puis, les guerres surviennent en Europe, essentiellement entre la France, la Confédération germanique et l'Espagne. L'Italie a été l'enjeu des Bourbons d'Espagne, rois des Deux-Siciles (Sicile insulaire et napolitaine) et des Autrichiens, successeurs des empereurs romains germaniques, qui ont toujours voulu dominer le Nord de l'Italie et qu'ils ont dominé, en réalité, jusque sous Napoléon Ier : lui-même a essayé d'être cet empereur d'Occident que voulait être l'empereur germain, succédant à l'empereur d'Orient, qui avait perdu sa couronne en même temps que la prise de Constantinople par Mahomet II.

Donc, une Europe conflictuelle et une dernière offensive de l'Asie : la bataille de Navarin (après la bataille de Lepante qui avait déjà séparé l'Asie de l'Europe) rejette vraiment la Turquie vers l'Asie et entraîne la création de la Bulgarie, de la Grèce libre, de la Roumanie avec les traités de Berlin.

La Méditerranée est entièrement entourée au nord du moins, de pays européens. Il faut ajouter la colonisation africaine qui place la France et l'Espagne au Maroc, la France en Tunisie, en Algérie, l'Italie en Tripolitaine, et la domination britannique sur l'Egypte et sur la Palestine. Par conséquent, la Méditerranée devient un lac européen, mais un lac conflictuel. Et, pendant ce temps-là, se développe cette civilisation que nous connaissons, la civilisation technique et scientifique qui crée la pollution.

Pollution normale que j'écris en lettres minuscules au courant de ma plume et qui est constituée du mouvement des milieux mobiles les uns par rapport aux autres : l'air qui bouge, l'eau qui ruisselle sur la terre et qui transporte des matériaux.

POLLUTION que j'écris en lettres majuscules et qui apparaît à partir du XVIIIe siècle, les hommes créant des produits qui n'entrent plus dans le grand cycle de la vie : *"Rien ne se crée, rien ne se perd, tout se transforme"*, écrivait Lavoisier. Cette pollution s'accumule de jour en jour, de semaine en semaine, de mois en mois, d'année en année, de siècle en siècle.

Or, l'Europe est formée au moment où existe cette pollution. L'Europe qui s'unit, après des guerres fratricides qui, en fait, étaient des guerres économiques : la guerre de 1870 était encore une guerre de conquête, mais la guerre de 1914-1918 était une guerre économique entre une Allemagne en pleine expansion et une France qui l'était également. Quant à l'Angleterre, qui voulait empêcher qu'un des pays domine le continent, elle a aidé le plus faible et l'Autriche-Hongrie a succombé.

La Deuxième guerre mondiale, elle, est tout à fait singulière. Elle voit se développer une civilisation extra-chrétienne, extra-islamique, en dehors des religions en provenance du judaïsme : il s'agit du nazisme. Cette véritable religion, d'ailleurs, a essayé de détruire, non seulement les Juifs, en tant que race (ce qui est une énormité car le brassage des races en Europe est tel, qu'en réalité, il n'y a pas de race pure) mais, surtout, les civilisations judéo-chrétiennes et aussi bien le catholicisme que le protestantisme.

Cette civilisation parallèle qui a tenté de se développer et qui est morte dans le sang en ayant failli détruire l'Europe, en fait, a abouti à couper l'Europe en deux.

Les pays de l'Europe de l'ouest ont voulu se donner un statut commun et essayé de sortir en commun de la misère dans laquelle les avaient plongés la guerre.

L'Europe est puissamment soutenue par le Plan Marshall qui a aidé à se reconstruire les pays qui avaient souffert de la guerre, non seulement l'Allemagne de l'ouest mais aussi, la France, l'Italie et l'Angleterre, profondément exsangue, également. La Suisse avait été épargnée, la Belgique, heureusement pour elle, possédait de l'uranium au Congo, si bien que c'était le seul pays créditeur des Etats-Unis à la fin de la Deuxième guerre mondiale, ce qui lui a permis de se remonter beaucoup plus vite que nous.

La Communauté européenne du charbon et de l'acier (C.E.C.A.) est fondée par un Français, Robert Schumann. Elle a pris forme à Luxembourg et prenait en compte seulement la production commune d'acier et de charbon.

Deux groupes de pays se forment et finalement six pays constituent la première Europe unie : la France, l'Allemagne de l'ouest, l'Italie, la Belgique, la Hollande et le Luxembourg. Mais, bien que la Méditerranée soit bordée par deux des grands pays de l'Europe des Six, la France et l'Italie, elle n'est pas encore une préoccupation vraiment fondamentale de ces pays ; elle est simplement une zone de passage et de commerce avec un port suisse, en plus, implanté à Gênes. A noter qu'il y avait aussi, dans le temps, un port suisse à Sète, mais les Suisses l'ont abandonné quand on a refusé de construire un pipe-line de vin qui devait conduire le vin directement du Languedoc jusqu'à Genève.

Puis, l'Europe s'est agrandie, peut-être à ses dépens, alors que normalement, cela aurait dû être pour son plus grand bien. Le général de Gaulle avait d'ailleurs dit que l'on ne devait pas admettre dans le Marché commun l'Angleterre, car les Anglais étant tournés vers l'océan, ils opteraient pour l'Amérique quand ils auraient à choisir entre ce pays et l'Europe. Je pense que le général n'avait pas entièrement tort, car actuellement le grand problème de l'Europe des Dix, c'est l'Angleterre.

L'Europe des Dix comprend évidemment les six fondateurs auxquels il faut ajouter le Danemark, la Grande-Bretagne, l'Irlande et la Grèce, qui a été admise plus tard, faisant entrer encore un peu plus la

Méditerranée au sein de l'Europe.

Et maintenant, on parle de l'entrée de l'Espagne et du Portugal dans le Marché commun. Je ne suis pas de ceux qui sont contre, mais je suis de ceux qui sont contre le fait que l'on ait lié les deux choses, d'abord parce que le Portugal étant un petit pays, il est beaucoup plus facile à intégrer dans l'Europe commune. De plus, le Portugal en a exprimé ce souhait à peu près trois ans avant l'Espagne. Alors, pourquoi intégrer en même temps l'ensemble de la péninsule ibérique qui est très importante dans l'équilibre européen, risquant par là-même, un déséquilibre vers le sud ?

Mais, le grand acquis que va apporter l'Europe agrandie, c'est la prise en considération dans le marché agricole commun, qui est une des pièces maîtresses de l'Europe, des productions méditerranéennes. A l'heure actuelle, le marché agricole commun est entièrement dominé par des céréaliers et les betteraviers du nord et les productions méditerranéennes sont tout à fait considérées comme secondaires, ce qui explique, par exemple, la guerre du vin. Si certains produits comme le vin, arrivent en France, sans aucun contrôle, c'est qu'ils ont été commandés par des Français qui les ont fait venir, sans cela ils ne seraient pas transportés sur les routes françaises.

Lorsque l'on a commencé à se préoccuper de la Méditerranée, c'est d'abord pour essayer de lutter contre sa mort. Quand je suis entré au Parlement européen, en 1981, j'ai eu à faire le rapport sur la Convention de Barcelone qui avait été signée par les pays riverains de la Méditerranée, sauf l'Albanie, pour lutter contre la pollution en Méditerranée. Il s'agissait de faire ratifier par le Parlement européen, cette convention, c'est-à-dire, en quelque sorte, d'associer les pays du Nord de l'Europe au combat mené contre la pollution en Méditerranée.

Or, j'ai obtenu ce vote à l'unanimité, c'est-à-dire que le Parlement européen faisant un acte supra-national a ratifié la convention de Barcelone pour son compte, ce qui veut dire que les Anglais, les Allemands, les Belges, les Hollandais, les Danois, les Luxembourgeois et les Français ont accepté de payer pour la lutte contre la pollution en Méditerranée ; ceci est déjà d'une grande importance.

La seconde chose importante c'est que nous avons réussi à faire venir en Italie et surtout en France, de nombreux députés européens, notamment de nations non-méditerranéennes, sur la côte méditerranéenne. Ainsi, l'an dernier, les membres de la commission Environnement, Santé publique et Protection du consommateur ont tenu une réunion à l'île des Embiez. Ce qui a permis de leur montrer, au cours de leur séjour, un exemple de pollution, à l'émissaire du cap Sicié, la beauté du milieu marin quand il est préservé comme c'est le cas à Porquerolles. Ils ont pu également constater la gravité des incendies de la forêt méditerranéenne, en se rendant sur les lieux d'un incendie à Sainte-Maxime, où, un mois après le feu, tous les pins étaient complètement noirs alors que les feuillus avaient des feuilles de printemps au mois de septembre.

Il a donc été décidé après la réunion de la commission politique, d'une part, de la commission économique et monétaire, de la commission régionale et de la commission Environnement, Santé Publique et Protection du Consommateur, auxquelles vient s'adjoindre la commission de l'Energie, qui est intéressée par l'immense gisement solaire que constitue le bassin méditerranéen, d'élaborer un plan européen pour la Méditerranée.

Et actuellement, nous en sommes là. Nous bâtissons un plan européen pour la Méditerranée, le plan méditerranéen de l'Europe qui prévoit la mise en place de structures de repopulation du milieu marin, en aidant l'aquaculture qui se pratique en de nombreux endroits de la côte méditerranéenne.

Ensuite, la lutte contre la pollution s'impose. On ne fera pas de culture d'animaux marins si la mer est polluée. Vous ne cultivez pas des épinards sur un terril de charbon ou des petits pois sur des déchets d'une usine de produits chimiques. Il faut absolument que la Méditerranée soit propre.

Lutte aussi pour la production et pour l'exploitation rationnelle, des ressources méditerranéennes. Actuellement, la commission de l'Energie du Parlement européen se penche sur l'utilisation rationnelle de l'énergie provenant de la mer Méditerranée par la différence de température entre la profondeur et la surface. Vous savez que cette découverte de George Claude, mise en pratique depuis 1929 à Cuba, permet d'avoir des énergies assez puissantes pour faire monter de l'eau, par exemple, dans des collines. Il existe une pompe de cette sorte dans le golfe de Valinca en Corse, qui permet de faire monter l'eau sur les collines de Propriano.

Le Parlement européen a décidé de se consacrer également au solaire, conscient du rôle de plus en plus grand qu'il peut jouer notamment dans l'électrification et surtout la fourniture en chaleur domestique, en chaleur industrielle et en chaleur d'eau domestique de tout le sud de la Loire : ce qui permettrait à l'Europe de faire une économie considérable en matière de combustible fossile.

Enfin, l'Europe se penche sur un statut de la Méditerranée, qui permettrait de faire éviter aux pays en voie de développement du sud de la Méditerranée (Algérie, Maroc, Tunisie) le stade polluant que nous avons subi nous, non pas par désintérêt, mais par ignorance. On ignorait totalement la pollution jusqu'il y a trente ans et, à cette époque, ce mot n'était même pas prononcé.

Or, cette lutte aujourd'hui ne peut se faire qu'en commun. Alors, il est extrêmement intéressant de voir que cette Méditerranée, qui était une zone hautement conflictuelle où les batailles navales ont été abondantes, devient maintenant une zone de rapprochement des peuples : zone de rapprochement entre les peuples européens d'une part, et, d'autre part, zone de rapprochement entre les peuples européens et africains. Ce qui est extrêmement important.

Et on peut dire que si le projet européen sur la Méditerranée réussit, si on rend de nouveau la Méditerranée féconde, si on rend de nouveau la Méditerranée propre partout, si on équipe la Méditerranée de systèmes de navigation qui permettent d'éviter un accident de pollution du type de "l'*Amoco Cadiz*", on aura véritablement dominé l'Europe et on pourra redonner un sens pacifique à cette phrase qui était une phrase de Clausewitz : *"Qui tient la Méditerranée, tient l'Europe"*. Et je pense qu'on pourra changer les termes et dire : *"L'Europe tient la Méditerranée, donc elle est cohérente"* ■

Alain Bombard

L'aquaculture en Méditerranée

En Méditerranée, la pêche artisanale se meurt. L'aquaculture ne sera jamais une solution de rechange. Mais elle peut constituer un complément. *"Des objectifs raisonnables et, partant, réalisables, supposent une amélioration de la rentabilité biologique des zones côtières par une gestion rationnelle du littoral, notamment des étangs, des marais et des estuaires théoriquement très productifs" ; ils impliquent également une préservation du milieu de toute forme de pollution",* déclare le Pr Vicente, directeur du Laboratoire de biologie marine de la faculté des sciences et techniques de Marseille.

—Professeur, c'est le Centre national pour l'exploitation des océans qui anime et coordonne à l'échelon national la recherche aquacole. Pouvez-vous définir les principes généraux des actions menées directement par cet organisme ou avec des partenaires extérieurs ?

—En tout premier lieu, il s'agit de reconstituer une chaîne alimentaire en milieu artificiel en vue d'une aquaculture intensive.

La première tâche des chercheurs est d'assurer en permanence une chaîne alimentaire : algues planctoniques qui constituent le *"fourrage"* d'animaux herbivores microscopiques (crustacés, copépodes, rotifères).

La nourriture étant assurée, les travaux de laboratoire peuvent commencer.

Des réservoirs dont le volume varie de quelques centaines de litres à une cinquantaine de mètres cubes abritent ce que l'on peut appeler les travaux "d'écloserie" : ponte et fécondation, mues ou métamorphoses, prégrossissement. Des bacs transparents, d'environ deux mètres de diamètre, servent de nurseries aux bébés-crevettes, saumons, bars, turbots ou soles.

Si tous les obstacles sont surmontés, la larve devient un *"juvénile"* qu'il faut pouvoir faire grossir en compagnie de milliers de ses congénères jusqu'à la taille commerciale, en grands bassins.

Illustrations ci-dessus : grossissement de loups en mode intensif (ph. Claude Rives - MARINA C.E.D.R.I. - C.N.E.X.O.). En médaillon, le Pr Vicente alimente des alevins de daurade élevés en cages flottantes à l'île des Embiez.

—Comment les principes généraux du programme aquacole du C.N.E.X.O. sont-ils transposés en Méditerranée et quelles sont les principales difficultés rencontrées dans leur application ?

—Le C.N.E.X.O. possède une station de Démonstration, d'expérimentation et de valorisation de l'aquaculture (DEVA Sud), à Palavas, chargée de vérifier en vraie grandeur les résultats obtenus par les chercheurs et de promouvoir le grossissement en bassins à terre ou en cages flottantes.

Bénéficiant des connaissances, du savoir-faire et du "tour de main" susceptibles de leur être transmis, de petites entreprises, des artisans peuvent à leur tour devenir des éleveurs même s'ils achètent à l'écloserie les post-larves et les alevins pour éviter des investissements relativement onéreux.

Toutefois, de nombreux obstacles subsistent : la production maximale d'alevins par une écloserie du type de celle de la DEVA-SUD ne dépasse pas dans l'année 300.000 à 400.000 alevins de loup .

D'autre part, l'élevage de ces alevins dans des bassins à terre, comme le préconise le C.N.E.X.O., pose notamment des problèmes de débits, de renouvellement et de qualité biologique de l'eau.

La surcharge en aliments peut entraîner une pollution qui modifie certains facteurs du milieu, tels que le taux en ammoniac.

Tout cela va provoquer des épidémies, des épizooties et se pose, alors, le problème de la pathologie des élevages, qui est encore mal connue. Si bien que, certaines années, toute la production en alevins peut être perdue. Actuellement, toutes les écloseries du littoral méditerranéen ne produisent pas plus de 600.000 alevins. Pour faire face à la demande actuelle des pays de la Méditerranée occidentale, une production de trois, quatre millions d'alevins de loup serait nécessaire (c'est la demande des "valli" (1) italiens !).

—Peut-on surmonter ces obstacles ?

—Une connaissance parfaite du milieu est indispensable ; autrement dit, des études approfondies des écosystèmes littoraux et des chaînes alimentaires s'imposent.

Les écosystèmes marins du domaine pélagique et benthique font l'objet de travaux depuis une trentaine d'années par les laboratoires marins du littoral méditerranéen (Villefranche-sur-mer, station marine d'Endoume à Marseille, Banyuls-sur-Mer).

L'étude des écosystèmes littoraux où peuvent se pratiquer des activités aquacoles montre que les eaux de la province néritique (2) méditerranéenne sont pauvres ; la productivité primaire y est faible sauf dans les étangs, les marais et les estuaires, mais, hélas ! c'est là que se manifestent toutes les pollutions et les nuisances de la civilisation.

Il convient donc de parvenir à une gestion rationnelle de ces milieux en valorisant les écosystèmes côtiers et en favorisant leurs chaînes trophiques.

D'autre part, il faut optimiser le rendement de ces chaînes alimentaires.

—Justement, comment améliorer le rendement de ces chaînes ?

—Il est nécessaire d'opérer en milieu contrôlé. Dans ce but, des recherches expérimentales sur la production biologique en milieu marin contrôlé ont été lancées en 1975 par le C.N.E.X.O. sous l'appellation ECOTRON. Ce programme national avait pour objectif principal d'apporter des éléments de réponse à un ensemble de questions liées à l'aménagement rationnel et à l'exploitation optimale des ressources vivantes en zone côtière (y compris dans le domaine des lagunes saumâtres et des estuaires) à travers une expérimentation systématique conçue selon une échelle dimensionnelle et une complexité écologique croissante.

En effet, le développement de l'aquaculture, qu'il s'agisse d'aquaculture de production ou de transformation, exigera une quantité de nourriture sans cesse croissante.

L'objectif général est de réaliser en milieu fermé mais de dimensions importantes (de l'ordre de l'hectare en fin de programme) une production primaire contrôlée ou une optimisation des transferts d'énergie en sélectionnant progressivement les processus naturels les plus intéressants. Le contrôle des écosystèmes artificiels mis en place porte sur les principaux paramètres physiques et chimiques (température, éclairement, salinité, quantité de sels nutritifs).

—Pouvez-vous plus concrètement illustrer vos propos ?

—Oui, et je prendrai pour exemple des travaux que je connais bien puisqu'ils ont été réalisés par les scientifiques de la Fondation océanographique Ricard à l'île des Embiez.

(1) Zones marécageuses de la vallée du Pô, utilisées depuis le Moyen Age pour le grossissement d'alevins remontant naturellement de la mer ou introduits. Ces "valli" sont actuellement aménagées pour l'aquaculture intensive.

(2) Qualifie la zone marine peu profonde, située au-dessus de la plate-forme continentale. Elle occupe 8 % de la surface des océans.

Elevage de salmonidés par l'équipe *Aquacop* en rade de Brest (ph. Claude Rives-MARINA C.E.D.R.I. - C.N.E.X.O.).

Culture de phytoplancton dans des tubes de matière plastique : chaque sac a une capacité de 90 litres environ (ph. Girin - F.A.).

Spécimen de crevette japonaise *(Paeneus japonicus)* obtenus en élevage (ph. R. Lafon).

Récolte de crevettes à la DEVA - Sud à Palavas-les-flots (ph. R. Lafon).

Un bel exemplaire de crevette "bouquet" de taille inférieure à la crevette japonaise, commune sur les côtes de Bretagne (ph. C.N.E.X.O.).

Manipulation d'alevins de daurade (ci-dessus), dans le hall d'aquaculture de la Fondation océanographique Ricard, à l'île des Embiez (ci-contre).

Nous disposions au départ de marais salants désaffectés. Nous les avons alimentés avec les eaux d'une lagune voisine (riche sur le plan écologique mais pauvre en sels nutritifs), afin de reconstituer un milieu vivant.

Il convenait d'assurer une production primaire supérieure quantitativement à celle de la lagune afin d'assurer un "fourrage" important à l'échelon secondaire (zooplancton, mollusques bivalves).

A partir de la production primaire prise comme source énergétique, est réalisée de proche en proche une chaîne trophique à deux ou trois niveaux, chacun de ces niveaux pouvant être représenté par une ou plusieurs espèces.

—Où et dans quelles conditions est réalisée cette production primaire ?

—Elle est obtenue dans un bassin de béton à terre de 35 m³ de capacité environ qui est alimenté par pompage de l'eau de la lagune du Brusc pauvre, donc, en sels minéraux, car ceux-ci sont utilisés par une pelouse de phanérogames marines (cymodocées). Aussi, la production phytoplanctonique naturelle est-elle pauvre : le taux de chlorophylle *a* atteint 0,20 µg/litre.

—Il fallait donc améliorer cette production primaire sans perturber l'équilibre général.

—C'est cela, et après une étude qualitative et quantitative du phytoplancton naturel, cette eau a été enrichie par des engrais industriels (phosphates, nitrates, silicates) en quantité connue de manière à obtenir un développement harmonieux des diverses séquences phytoplanctoniques. Ce travail était coordonné sur l'île des Embiez où participaient de nombreux spécialistes de la production primaire appartenant aux divers laboratoires de recherche du littoral méditerranéen français.

A l'issue de différentes expérimentations, le système a pu être régulé et avec un certain débit d'eau, permettant d'éliminer les espèces parasites, la production planctonique peut être considérablement améliorée (70 µg/litre).

—Quelles sont les différentes phases de l'évolution de l'écosystème ?

—Les expériences montrent que cette évolution présente trois phases distinctes. Dans un premier temps, les diatomées phytoplanctoniques *(skeletonema costatum)* se développent rapidement. Puis, la concentration en chlorophylle reste constante (environ 23,6 mg/m³) de même que la concentration de la matière organique particulaire. La fin de l'expérimentation est caractérisée par une chute de la concentration chlorophyllienne concomitante à la chute de *Skeletonema.* Une conséquence de ce déclin des diatomées est la prolifération bactérienne qui survient vers la fin de l'expérience. Les interactions entre communautés phytoplanctoniques et communautés bactériennes sont nombreuses et certaines peuvent servir de nourriture pour des animaux filtreurs tels que les coquillages bivalves.

—Comment prolonger la durée de la production optimale phytoplanctonique et quelle est son utilisation ?

—Il faut réajuster le système à partir d'un modèle mathématique, en jouant sur les débits et la concentration en sels minéraux. Une certaine quantité de cette production phytoplanctonique passe dans un deuxième bassin de 30 m³ dont le débit est égal au quart de celui du premier bassin. Ainsi, on observe l'évolution qualitative et quantitative de la population zooplanctonique qui se développe dans ce bassin. On assiste tout d'abord à une poussée de rotifères qui atteignent 3.000 à 4.000 individus par litre, puis se produit une augmentation progressive des effectifs de crustacés copépodes *(Calanus, Temora).* Tous ces animaux sont appréciés par les larves de poissons.

Au printemps, sur les parois du bassin se développe du naissain de coquillages, en particulier de coques.

Une deuxième partie de la production de phytoplancton alimente une série de bassins où sont placés des casiers contenant des coquillages bivalves.

A noter que lors de nos premières recherches aux Embiez, les bassins du milieu naturel avaient été ensemencés avec une espèce intéressante au plan expérimental : la coque *(Cerastoderma glaucum)* qui a été ramenée de l'étang des Pesquiers, à Hyères.

A partir d'une population initiale de 2.000 coques, en moins d'un an, quatre hectares de salines ont été ensemencés naturellement par essaimage de larves et l'on pouvait évaluer le nombre des coquillages à quelque cinquante millions d'individus. Ensuite, il y a régression.

—En quoi a consisté l'étape suivante ?

—Il a été procédé à l'aménagement d'une parcelle d'un hectare ouverte sur le milieu lagunaire de référence, grâce à des buses munies de grilles d'un centimètre de maille. Une circulation permanente s'est établie en fonction de la marée barométrique. Un milieu vivant s'est constitué.

De jeunes individus de diverses espèces (poissons, crustacés) ont colonisé la parcelle et un nouvel écosystème s'est créé. Une pelouse de phanérogames *(Ruppia cirrhosa)* s'est développée et constitue un refuge et une nourriture appréciable pour les muges.

Les jeunes alevins de muge *(Mugil auratus)* peuvent d'ailleurs servir de nourriture pour les loups (poissons fourrage), et les coques qui se sont développées sont très appréciées par les daurades.

Mais, dans de telles zones littorales, les conditions climatiques sont très difficiles ; ainsi un chenal plus profond permettant aux animaux de s'abriter, a-t-il été creusé de buse à buse. Le milieu saumâtre, hypereurylhalin, est fortement soumis aux conditions climatiques :

- fortes variations de l'épaisseur de la couche d'eau sous l'action des vents dominants,
- température plus chaude l'été et plus froide l'hiver par rapport à la mer ouverte,
- refroidissement important dû au mistral,
- pourcentage de saturation en oxygène dissous pouvant atteindre des valeurs de sursaturation importante grâce aux mouvements de l'eau engendrés par les vents.

Ce plan d'eau présente cependant l'avantage de permettre des expériences de polyaquaculture extensive sans rencontrer les problèmes de maladies ou d'épizooties courants dans les zones lagunaires recevant des rejets urbains et pouvant présenter des phénomènes d'eutrophisation.

Un milieu en équilibre s'est ainsi constitué. L'implantation d'une population d'alevins de loup *(Dicentrarchus labrax)* provenant de l'écloserie de la Station de biologie marine et lagunaire de Sète (Hérault), repêchés au bout d'un an par une pêche à la rothénone, a permis d'apprécier l'impact des paramètres étudiés sur la croissance.

Ces individus sont moins gros que dans un élevage intensif, ils ont également moins bien grossi que la population naturelle de Sète prise comme référence, mais ils sont en moyenne plus gros que ceux du golfe

de Marseille.

L'avantage de ce type de surface aménagée est de permettre une culture semi-intensive en fertilisant et en apportant une alimentation complémentaire.

—Ce type d'expériences permet-il la mise au point de techniques facilement accessibles aux pêcheurs ?

—Oui, car ils reçoivent une initiation à l'échelle humaine.

Des cellules légères sont mises en place sous forme de cages flottantes ou immergées facilement manœuvrables.

Les pêcheurs côtiers ne sont pas dépaysés et continuent à avoir une activité artisanale à leur portée. Ce type d'aquaculture doit être un complément à la pêche devenue insuffisante en Méditerranée. Pour les opérations entreprises sur le littoral méditerranéen, le cheval de bataille de l'aquaculture, c'est le loup.

En Méditerranée française, plusieurs coopératives de pêcheurs s'intéressent déjà aux systèmes d'élevage qui ont été étudiés et réalisés et bien souvent avec leur participation (Les Poissons du soleil de Balaruc-les-Bains, sur l'étang de Thau, Méditerranée-Pisciculture, à Salses - Leucate (3), Le Brusc, Hyères, etc...). Les professionnels sont de plus en plus aidés en ce domaine par les collectivités locales et organismes régionaux (cellule Mer et Aquaculture PACA, CEPRALMAR du Languedoc-Roussillon).

Le suivi scientifique est assuré par les chercheurs de l'Université et de divers laboratoires riverains. Dans de telles structures, des alevins de loup d'un gramme peuvent atteindre la taille portion (250 à 300 g) entre 20 et 34 mois.

Dans le cas de l'aquaculture semi-extensive en étangs littoraux, il est important que les alevins subissent un prégrossissement en structures hivernales d'accueil. Ces structures peuvent être matérialisées par des serres comparables à celles utilisées en agriculture recouvrant des bassins où la température est maintenue constante, 15° C.

Les alevins (des daurades, par exemple), sont maintenus dans ces bassins, nourris jusqu'au printemps et ensuite replacés en milieu ouvert : saline, cages, etc., où ils poursuivent leur croissance jusqu'à l'âge adulte.

—L'aquaculture méditerranéenne intensive et semi-intensive sont-elles en voie de dépasser le stade des promesses ?

—Leur réussite passe par la production indispensable de grandes quantités d'alevins. Pour cela, la création d'écloseries est indispensable. Là, les chercheurs étudient les cycles biologiques de nombreuses espèces en prenant en compte divers paramètres biologiques, physiques, chimiques.

C'est ce qui est réalisé au hall d'aquaculture de la Station biologique de Sète, sous la conduite de G. Barnabé, maître-assistant à l'université du Languedoc. Il convient de faire face à la demande actuelle en alevins qui est considérable, se mettre en position d'exporter. L'Italie, (vallicul-ture) demande chaque année quelque quatre millions d'alevins de daurade et trois millions de loup , alors que les écloseries de la Méditerranée française ne produisent que quelque 600.000 alevins de loup par an.

D'autre part, si l'on veut que l'aquaculture démarre sur tout le littoral méditerranéen, il convient de préserver toutes les étendues d'eau favorables à l'application des diverses techniques mises au point. Les étangs et les marais salants ont un rôle biologique à jouer. La productivité primaire, à la base de la chaîne alimentaire, est pour la plupart d'entre eux (estuaires et surtout marais côtiers) bien supérieure à celle des autres milieux.

Par ailleurs, si les écloseries se développent, le surplus de leur production pourra être utilisé pour repeupler, pour réensemencer les secteurs littoraux où les stocks naturels ont été surexploités ou décimés.

—Quels sont les principaux obstacles pour parvenir à cet objectif ?

Il est important de mettre au point de nouvelles techniques, maîtriser les différents niveaux de la production de la matière vivante et, enfin, préserver le milieu de toute forme de pollution. La lutte contre ce fléau dont est responsable la technique humaine doit être poursuivie sans relâche. C'est un préalable nécessaire au succès de l'aquaculture sur tout notre littoral si l'on veut, comme certains le prétendent, que la production aquacole atteigne celle de la pêche en l'an 2.000. ■

(3) Cette exploitation est exemplaire. Elle modélise les fermes aquacoles de demain. Des bassins creusés dans le sol et alimentés par l'eau saumâtre d'une résurgence vauclusienne, s'étendent sur plusieurs hectares et servent au grossissement.

AQUACULTURE MARINE

Quelques résultats en 1982, en Métropole (Sources CNEXO)

POISSONS			
1. Salmonidés			
●Saumon *Coho*	intensif	70 t	Manche-Atlantique (SODAB)
●Truites (arc-en-ciel et *Fario*)	intensif	400 t	Bretagne principalement
2. Poissons plats			
●Turbot	semi-intensif	5 t	SODAB
●Sole	semi-intensif		Noirmoutier pour le grossissement SODAB, Atlantique
3. Poissons ronds			
●Loup	intensif	20 t	Méditerranée Bretagne
●Daurade	semi-intensif	10 t	
CRUSTACÉS ET MOLLUSQUES			
●Crevette	intensif	1 t	Méditerranée
●Palourde	semi-intensif	50 t	Atlantique - Bretagne
●Ormeau	semi-intensif	repeuplement	Bretagne

L'HUÎTRE
Une vie sédentaire qui n'est pas facile

Depuis des centaines de millions d'années, les coquillages ont proliféré et se sont diversifiés dans le monde aquatique. Certains constituent toujours une source importante de nourriture pour l'homme, à l'image de l'huître dont la chair est très appréciée depuis l'Antiquité. Percer quelques-uns des mystères de la vie de cet animal en pénétrant dans sa coquille, c'est ce que vous propose Alain Riva, écophysiologiste.

Illustrations ci-dessus : Technique de grossissement sur corde de l'huître *(Crassostrea gigas)* réalisée dans l'étang de Thau. Seule cette espèce est actuellement élevée en France car l'huître plate ou belon *(Ostrea edulis)* et l'huître portugaise *(Crassostrea angulata)* ont été décimées par une épizootie différente pour les deux espèces.
(Photos : Thierry Maître-Allain)

De par leurs caractéristiques morphologiques et notamment leur concrétion, ornementation ou coloration, les coquillages ont toujours occupé une place importante pour l'homme : ils ont été utilisés en particulier comme objets d'ornement ou monnaie d'échange... Mais leur rôle essentiel a été leur contribution dans l'alimentation. De ce point de vue trophique, le coquillage le plus connu est sans aucun doute, l'huître, dont la culture a pu se développer au cours du temps. En fin d'année, cet animal mou blotti dans sa coquille est consommé par milliers de tonnes (100.000 t/an en France).

L'huître se situe dans l'embranchement des mollusques, classe des bivalves ou lamellibranches, qui ne regroupe pas moins de 10.000 espèces pourvues de deux valves coquilleuses solidaires.

Les espèces actuelles sont regroupées en deux genres principaux bien distincts : *Ostrea* et *Crassostrea,* ou plus simplement par référence à nos espèces côtières, huîtres plates et huîtres creuses dont certaines espèces ne font pas l'objet de culture.

Les gisements huîtriers sont observés sur la frange littorale à faible profondeur, rarement au-dessous de douze mètres du niveau moyen de la mer.

La vie d'une huître n'est pas chose facile, car elle est soumise à de nombreuses agressions telles que les actions physiques et chimiques du milieu environnant, les prédations, les maladies diverses..., sans compter les manipulations nombreuses et peu délicates que subissent les animaux placés en élevage.

En dégustant une huître crue, il vient rarement à l'idée de regarder l'animal tel qu'il se présente dans sa coquille.

Dans sa philosophie zoologique, Lamarck annonçait que la fonction crée l'organe. Dans un tout autre esprit, au travers de l'organe, nous expliquerons les principales fonctions qui assurent la vie et la pérennité de l'huître.

L'huître ne possède qu'un muscle adducteur contrairement à d'autres bivalves. Le muscle maintient fortement les deux valves de la coquille, dont la valve gauche ou inférieure, plus ou moins concave, adhère à un support qui assurera sa vie sédentaire.

En sectionnant le muscle adducteur, tout en rabattant la valve supérieure, opération qui s'appelle l'écaillage, l'animal s'offre dans sa nudité la plus totale. Les différents organes qui assurent les fonctions physiologiques, telles que la respiration et la digestion, peuvent y être observés.

Un manteau pour se couvrir et se protéger

L'ensemble du corps mou de l'huître est revêtu d'un tégument, dont les bords libres dans la région ventrale suivent le contour de la coquille pour former une cavité dite palléale. Quelques gouttes de citron versées sur l'animal mis à nu, et le bord de celui-ci se rétracte, signe de vitalité et de "fraîcheur". Ce tégument sensible correspond au manteau, sorte de feuille de tissu conjonctif contenant des muscles, des vaisseaux sanguins, des nerfs et recouverte d'un épithélium(*) unicellulaire.

Le bord épaissi du manteau est constitué de trois bourrelets souvent pigmentés. Le bourrelet interne, bien développé et garni de tentacules, agit par effet de voile sur l'entrée de l'eau dans la cavité palléale. Les nombreux tentacules du bourrelet médian ont un rôle sensoriel. Quant au bourrelet externe, il joue un rôle essentiel dans la formation de la coquille et donc dans la croissance du mollusque. La coquille est une superposition de trois couches nettement différenciées. Les huîtres trouvent dans l'eau de mer le calcium et les autres éléments complémentaires qui entrent dans la composition de celle-ci.

Les trois couches superposées de la coquille

- **Le périostracum ou conchyoline** (ép = 1 μ) est sécrété par la face interne du bourrelet externe du manteau. Il s'use rapidement et disparaît chez l'huître adulte.

- **La couche prismatique,** prismes constitués de cristaux de calcite enrobés dans une matrice de conchyoline, est sécrétée par la surface externe du bourrelet externe du manteau.

- **La couche lamelleuse subnacrée ou calcite-ostracum** est formée de feuillets de lamelles de calcite entre de minces membranes de conchyoline. Elle est sécrétée par toute la surface du manteau qui, restant en contact constant avec la coquille, permet à celle-ci de s'accroître en épaisseur.

La formation de la coquille est importante et les mécanismes biochimiques de la calcification ne sont pas encore tous expliqués. Cette coquille peut être de dimensions variables, et caractéristique des espèces et de leur habitat. Sa coloration externe est liée au substrat, à son environnement immédiat, et peut présenter comme chez l'huître japonaise *(Crassostrea gigas)* de larges rayures brunes ou violacées.

Une carapace qui présente des défauts

Enveloppe crayeuse qui représente en quelque sorte le squelette externe de l'animal, la carapace constitue également un abri pour certains organismes comme les vers annélides du genre *Polydora,* qui s'y fixent puis y creusent des galeries. Dans le milieu naturel, où la place disponible est recherchée, la coquille devient un support cible pour d'autres espèces telles que les balanes (crustacés), les ascidies ou les algues. Lorsque les huîtres sont vendues, elles ont déjà été nettoyées de leurs épibiontes(*).

Assez fréquemment, l'intérieur de la coquille présente une ou plusieurs poches, sortes de chambres isolées chacune de la cavité où se tient l'animal, par une cloison subnacrée.

Cette anomalie structurale (ou chambrage) résulte de différentes causes : variation de salinité, pénétration de *Polydora,* impossibilité d'expulser du matériel contenu en suspension dans l'eau (vase, sable...), réduction du volume du corps après la ponte. Ces poches qui sont vides ou remplies d'eau de mer, de matériel sablo-vaseux ou organique sous forme de gelée, peuvent quelquefois être nauséabondes et influer sur la qualité gustative du mollusque.

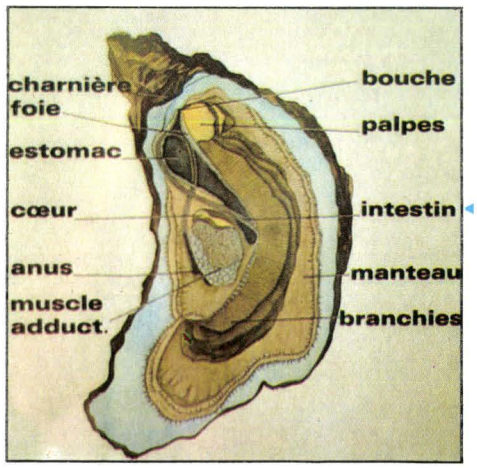
Huit feuillets ciliés pour deux fonctions vitales

Les huîtres assurent leurs échanges avec le milieu liquide en maintenant une circulation quasi permanente à travers des appareils extraordinairement perfectionnés : les branchies. Celles-ci, qui peuvent être observées au centre de la coquille, sur toute la longueur de l'animal, striées perpendiculairement par des filaments accolés les uns aux autres, donnent un aspect plissé. Chaque branchie représente en coupe transversale un "W" qui correspond à deux lamelles formées elles-mêmes de deux feuillets. Lorsque l'on observe par grossissement une branchie, chaque filament apparaît comme un tube d'épithélium(*) cilié supporté par des baguettes chitineuses(*). Les cils, très nombreux, se divisent entre cils latéraux, qui assurent la circulation de l'eau par leur battement, et cils frontaux et latéraux-frontaux qui interviennent dans le transport des particules inertes et vivantes qui sont présentes en suspension dans l'eau.

En effet, c'est l'eau de mer qui, en traversant l'animal, transporte la nourriture, réalise les échanges respiratoires ainsi que l'élimination des déchets ou des éléments indésirables.

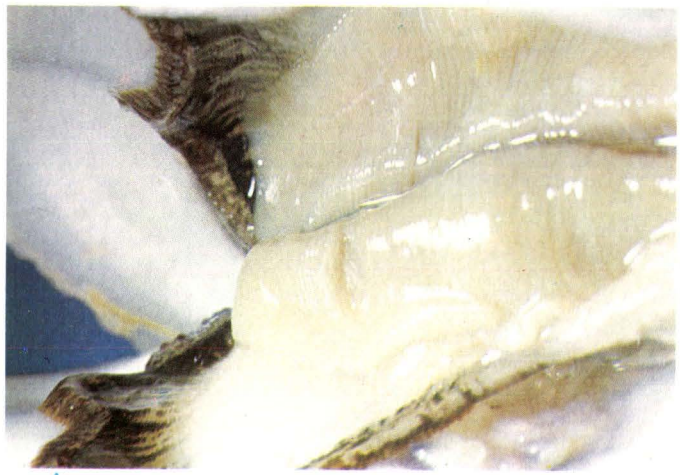
Ainsi, les huit feuillets ciliés vont agir comme une pompe dont le débit peut être régulé en même temps par l'action combinée du muscle adducteur, du ligament et du manteau.

Dans l'entre-bâillement des valves, s'observe la cavité palléale de l'huître formée par les bords du manteau.



L'huître creuse (planche éditée par le comité interprofessionnel de la conchyliculture).

L'animal tel qu'il se présente après écaillage.



Vue rapprochée sur les lamelles branchiales comprises entre les bourrelets pigmentés du manteau.

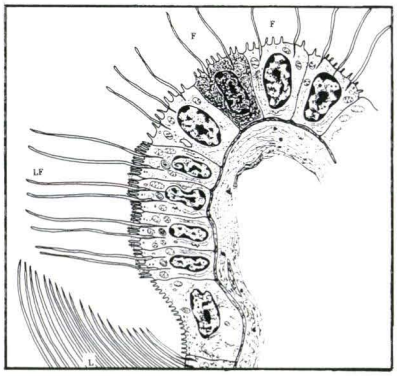
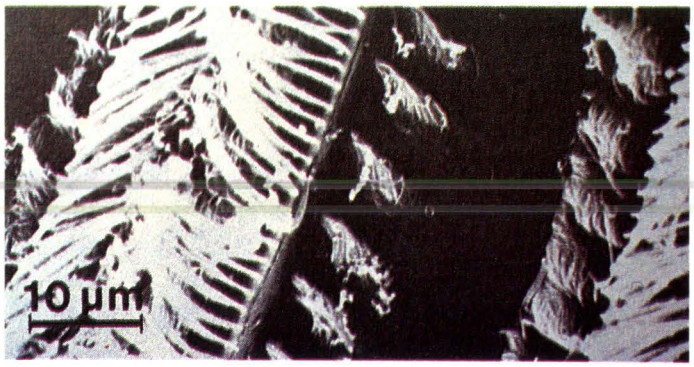


Schéma d'ensemble du filament branchial : L = cils latéraux, LF = cils latéraux-frontaux, F = cils frontaux.

Disposition des cils sur la branchie (microscopie électronique à balayage). Photo C. Barker Jorgensen reproduite de l'article "On gill fonction in the mussel".

Coupe transversale semi-fine de filaments branchiaux.



Une "pompe" à débit variable

Les quantités d'eau qui circulent à travers un individu dépendent de son âge, de son poids, de son état physiologique, et surtout des conditions extérieures à l'organisme, comme la température ou la charge en particules de l'eau. Dans des conditions d'observation pratiquement identiques, on note l'existence de variations interspécifiques et intraspécifiques. Pour le genre *Crassostrea,* il a été enregistré des valeurs de l'ordre de 5 à 40 litres par heure et pour le genre *Ostrea* de 4 à 26 litres par heure. Cette différence dans le taux de pompage s'explique par une différence anatomique entre les deux genres. La durée journalière de l'activité des cils latéraux, qui assurent la circulation de l'eau, n'a jamais été étudiée directement avec précision mais seulement de façon indirecte d'après le temps d'ouverture et de fermeture des valves.

Quelques évaluations réalisées dans des conditions bien précises (huîtres immergées, température et salinité normales) ont permis de penser que les huîtres sont actives en moyenne de 60 à 80 % du temps, environ 15 à 20 heures par jour ; mais le taux de pompage n'est certainement pas constant durant l'activité valvaire.

Avec ou sans ventilation

Les échanges gazeux vont se faire principalement au niveau des branchies et, pour une moindre part, au niveau du manteau assez fortement vascularisé. Aussi, l'eau de la cavité palléale est constamment renouvelée par le courant d'eau ciliaire. La quantité d'oxygène dissous qui est consommée par l'animal pour son métabolisme va dépendre de cette ventilation, ainsi que de la température et de l'état nutritionnel. Une augmentation de température entraîne une augmentation de la consommation en oxygène jusqu'à un maximum compris entre 20 et 30° suivant les espèces. Cependant, les bivalves peuvent survivre hors de l'eau pendant des durées variables en maintenant leurs valves étroitement fermées. Dans ce cas, la ventilation ne s'exerce plus et, l'animal adapte son métabolisme à l'anaérobiose(*) pour survivre. L'huître américaine *Crassostrea Virginica* peut rester en vie 18 jours à des températures de 14° à 23° et au maximum 7 jours, entre 26 et 32°. Cette même espèce, sur la côte atlantique du Canada, peut être conservée hors de l'eau vivante plusieurs semaines à une température inférieure à 5°, et même 4 mois à 1°, si les animaux sont en bonne condition au moment du ramassage et sous réserve qu'un état hygrométrique élevé soit constamment maintenu.

Des essais de conservation des huîtres par le froid ont montré qu'elles pouvaient survivre plusieurs jours à des températures inférieures à 0°, pourvu que le refroidissement s'effectue par palier.

Un tamis branchial pour piéger les particules

Le courant d'eau apporte également la totalité de la nourriture à ces animaux sessiles(*), qui sont adaptés pour capter par "filtration" les petites particules en suspension dans l'eau et les véhiculer jusqu'à leur bouche et les ingérer.

Les mailles du tamis branchial des huîtres sont telles qu'elles peuvent retenir les particules qui ne mesurent que quelques millièmes de millimètres. Aussi, une bonne partie des éléments figurés qui se trouvent dans l'eau pompée est susceptible d'être arrêtée. En fait, les particules retenues et ingérées avec efficacité vont de un à quelques centaines de microns, mais avec une ingestion prédominante des particules inférieures à 100 et même à 50 microns.

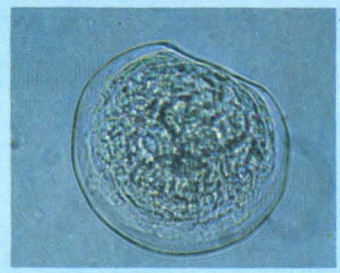
La rétention des particules peut facilement être mise en évidence par la clarification d'une eau turbide dans laquelle les animaux ont été placés. Le courant d'eau créé à l'intérieur des valves suit un circuit bien établi et le cheminement des particules sur les filaments branchiaux est observable à l'aide d'une loupe binoculaire.

Quatre palpes pour faire le ménage

Avant de passer dans la bouche, les particules parvenues à l'extrémité des branchies sont prises en charge par les quatre palpes labiaux ; ce sont

Si on retourne le capuchon céphalique, on distingue à proximité des palpes, la bouche de l'animal.

TROIS PHASES DU DÉVELOPPEMENT DE L'HUÎTRE



Larve planctonique d'huître avant la métamorphose.

Naissain (jeunes individus).

Huître plate adulte.

de petits appendices charnus pourvus, eux aussi, de champs ciliaires complexes. On estime qu'à leur niveau, s'opère un certain tri entre les particules organiques et inorganiques, sélection grossière en fonction de la taille et peut-être du poids. Certaines espèces d'organismes planctoniques comportant des structures épineuses ou des cornes de taille supérieure à 200 microns sont refusées. Mais on admet en général que la sélection ne va pas au-delà et que dans les contenus stomacaux, on retrouve pratiquement tous les éléments en suspension dans l'eau : Dinoflagellés(*), Diatomées(*), Bactéries, Zoospores(*), Flagellés(*), Ciliés, détritus organiques... il ne semble pas y avoir de tri qualificatif. En cas d'apport très abondant au niveau des palpes, beaucoup parmi les éléments les plus gros se trouvent dirigés, de la même façon que les éléments indésirables, vers les bords externes et inférieurs des palpes et tombent dans la cavité générale ventrale.

Ces particules encombrantes (ou pseudofécés) sont agglutinées en boulettes par du mucus et sont rejetées vers l'extérieur par des mouvements secs de fermeture des valves.

Les particules, une fois introduites dans la bouche, progressent dans le système digestif par des mouvements ciliaires et non pas par des mouvements péristaltiques (ondes de contraction musculaire). Toutes les particules n'ont pas la même valeur alimentaire et certaines algues planctoniques peuvent être toxiques pour l'animal lorsqu'elles sont surabondantes, c'est le cas de certains péridiniens.

Par ailleurs, les bivalves ne sont pas strictement planctonophages, en plus du matériel particulaire, il existe dans l'eau de mer des substances organiques dissoutes qui peuvent être absorbées directement par les branchies et le manteau.

Une vie libre avant de se fixer

La vie et la croissance des bivalves isolés ou en élevage ne peuvent être assurées que s'ils trouvent dans le milieu où ils se développent non seulement des conditions physico-chimiques qui soient compatibles avec leur survie, mais aussi s'ils peuvent trouver en quantité suffisante, des éléments capables d'assurer leur alimentation. Les huîtres à l'état adulte ne peuvent plus se déplacer dans le milieu à la recherche de la nourriture comme c'est le cas au stade du développement larvaire. En effet, l'huître passe par une phase planctonique libre qui dure plusieurs semaines ; à l'approche de la métamorphose, la larve atteint, suivant les espèces, la taille de 260 à 320 microns.

Quand arrive la période de la fixation, la larve nage grâce à son velum(*), à la recherche d'un support solide. Elle y fixe son pied et commence à ramper pour se placer convenablement. Elle expulse alors le contenu de sa glande byssogène(*), se tourne aussitôt sur la valve gauche qui s'applique à la goutte de ciment. Celle-ci va durcir en quelques minutes et la maintiendra attachée. Une fois ce ciment-colle émis, la larve ne pourrait plus se fixer si elle venait à être détachée de son support.

La métamorphose s'achève et les branchies indispensables à la vie de l'animal se développent. Le naissain(*) est né et il va sécréter une coquille qui va s'attacher, par étalement, au support.

C'est l'évolution biologique qui a conduit l'huître vers une vie sédentaire, pendant laquelle elle profitera, au rythme des saisons, de la nourriture produite par le milieu naturel sans avoir à fournir d'autres efforts que celui de faire circuler de l'eau en elle pour trier les particules qu'elle contient. L'avantage pour nous, consommateur, est que l'on obtient, en mode d'élevage, un produit "poussé" naturellement.

Il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'autre façon de les engraisser en dehors d'une production naturelle, au contraire des poissons et des crustacés que l'on peut nourrir avec des granulés industriels, mais cela est une autre histoire. ■

Alain Riva

Quelques définitions (*)

- **ANAÉROBIE :** développement en l'absence d'oxygène.
- **BACTERIES :** appartiennent au groupe des Procaryotes correspondant à des cellules isolées que l'on peut assimiler à des organismes complets et autonomes. La taille de la cellule bactérienne varie de 0,1 à 20 microns.
- **BIVALVES OU LAMELLIBRANCHES :** la taxonomie tient compte de plusieurs critères : anatomiques, physiologiques, embryologiques... cette discipline évolue parallèlement aux recherches biologiques et peut aboutir obligatoirement à des modifications terminologiques.
  Ainsi la classe des Bivalves (bivalvia) adoptée par Linnée, en 1758, peut également correspondre à la classe des Lamellibranches (dont les branchies sont en forme de lamelle) proposée par Blainville en 1814, ou encore à la classe des Pélécypodes (dont le pied est en forme de hache) proposée par Goldfuss en 1820.
- **BYSSOGENE (glande) :** sécrète le byssus, faisceau de filaments soyeux qui permet à certains lamellibranches comme la moule de s'attacher à un support.
- **DIATOMÉES :** classe d'algues unicellulaires à squelette externe siliceux. Leur taille varie entre 2 et 400 microns. Pélagiques ou benthiques, elles jouent un rôle très important dans la production marine et dans la formation des sédiments.
- **DINOFLAGELLÉS :** classes de végétaux unicellulaires, libres, planctonique ou benthiques, parfois parasites, caractérisés par la présence de deux flagelles battant dans deux plans perpendiculaires.
- **EPIBIONTES :** êtres vivants fixés sur des supports ou sur d'autres êtres. Les rapports entre épibiontes et hôte sont très variables et vont depuis le simple support ou le transport jusqu'au commensalisme et au parasitisme.
- **EPITHELIUM :** tissu mince formé de cellules juxtaposées revêtant les surfaces du corps.
- **FLAGELLÉS :** super-classe de Protozaires qui assurent leur locomotion à l'aide d'organes spécialisés en forme de fouet : les flagelles.
- **NAISSAIN :** jeune coquille de quelques millimètres.
- **SESSILE :** fixé sur un support, immobilisé.
- **ZOOSPORES :** cellules de reproduction asexuées.

Bibliographie sommaire

Grelon M., 1978 - Saintonge - Pays des huîtres vertes, *Edit. Rupella, La Rochelle.*

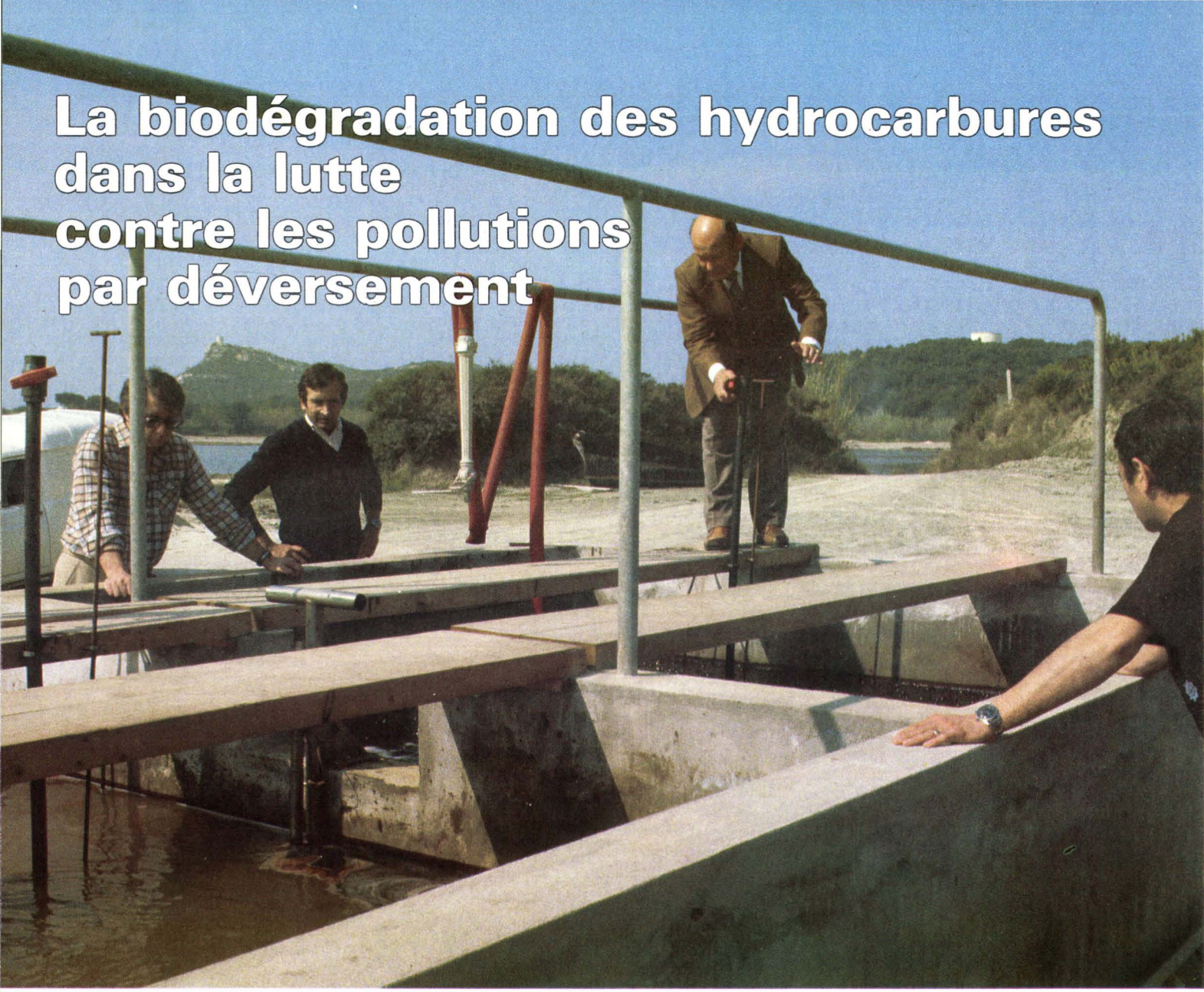
Institut scientifique et technique des pêches maritimes, 1976 - La conchyliculture française *(fasc. 1, 2, 3).*

Raimbault R., 1975 - Plancton et coquillages, *Revue des travaux de l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes.*

Ranson G., 1951 - Les huîtres (biologie-culture), Savoir en histoire naturelle, *vol. XIII, Edit. P. Lechalier.*

Walne P.R., 1979 (seconde édition) - Culture of bivalve molluscs (50 years of experience at conury. *Fishing news book Ltd Sarnham Surrey (England).*

La biodégradation des hydrocarbures dans la lutte contre les pollutions par déversement



Sélectionner, domestiquer des bactéries marines pour les associer à la lutte contre la pollution marine par des hydrocarbures, tel est l'enjeu de recherches poursuivies par Elf-Aquitaine. Une formulation a été mise au point. Elle permet d'accélérer et d'intensifier le phénomène naturel de la biodégradation. André Sirvins, ingénieur à la Division "Recherches, expérimentations et applications" évoque les travaux et les premiers résultats encourageants qui ont été obtenus.

Au cours des dernières décennies, le pétrole est devenu la principale source d'énergie des pays industrialisés. Et, comme chacun sait, son exploitation et son transport ne sont pas sans causer une grave pollution marine : chaque année trois à cinq millions de tonnes de pétrole brut sont déversées en mer, volontairement ou accidentellement. Une partie du pétrole ainsi répandu s'évapore naturellement, mais une certaine quantité souille océans et côtes.

Certes, il existe de nombreux moyens de lutte contre les marées noires, mais la plupart ne sont pas applicables dans tous les cas. C'est pourquoi, nous avons recherché une nouvelle méthode qui ne présenterait aucun risque pour le milieu récepteur : la biodégradation par des micro-organismes, tels que des bactéries et des levures.

Illustration ci-dessus : Vue partielle des bassins expérimentaux construits par Elf-Aquitaine à l'île des Embiez. De g. à d., MM. Tramier, directeur du Centre d'informations et de recherches sur les nuisances de cette société, Nardo Vicente, responsable scientifique de la Fondation océanographique Ricard, André Sirvins, et Yvan Martin, chef du département "Recherches" de la Fondation.

En mer, la biodégradation par des micro-organismes est un phénomène tout à fait naturel mais elle a lieu très lentement : une population de bactéries n'envahit une zone polluée qu'au bout d'une ou deux semaines, et le temps de décomposition des hydrocarbures peut varier de deux à neuf mois. Aussi, le but recherché dans nos études de laboratoires était-il de stimuler cette biodégradation qui est envisageable de trois façons naturelles.

"En mer, une population de bactéries n'envahit une zone polluée qu'au bout d'une ou deux semaines ; le temps de décomposition des hydrocarbures peut varier de deux à neuf mois"

La première voie est un traitement biologique. Il consiste à sélectionner en laboratoire des bactéries capables de dégrader le pétrole avec de forts rendements afin de les répandre massivement sur la nappe d'hydrocarbures à dévorer. Cette méthode n'a pas été retenue, des essais ayant démontré que les micro-organismes sont rarement bien adaptés aux conditions écologiques du milieu dans lequel on les plonge et, de ce fait, ils disparaissent très rapidement.

Augmenter la surface d'attaque du pétrole grâce à une addition de dispersant, afin de faciliter le travail des micro-organismes, constituait une autre méthode possible. Bien que très attrayante, cette idée a été abandonnée car il n'en demeure pas moins que si le travail des bactéries est facilité, leur prolifération reste très lente.

Aussi, nous sommes-nous orientés pour la poursuite de nos travaux vers une méthode visant à alimenter les micro-organismes en éléments nutritifs leur permettant de réaliser efficacement le travail qui leur est demandé.

Nos recherches ont débuté, en 1978, dans les laboratoires de la S.N.E.A. (P) au Département "Recherches et applications". Elles se proposaient, à l'origine de répondre à deux questions : comment générer rapidement et sélectionner une quantité importante de bactéries aptes à dégrader les hydrocarbures ? Que fournir aux bactéries sélectionnées pour qu'elles dégradent rapidement l'hydrocarbure ?

Comme tous les organismes vivants, les bactéries ont besoin, pour se nourrir et se multiplier, de certains éléments nutritifs essentiels tels que le carbone, l'azote, le phosphore...

Or, lors d'un déversement, nous savons que le carbone est présent en grande quantité, car les hydrocarbures sont des composés chimiques formés uniquement de carbone et d'hydrogène. Par contre, les bactéries susceptibles de dégrader les hydrocarbures en utilisant ce carbone, ne sont pas en quantité suffisante dans le milieu. De plus, si génétiquement, certaines bactéries possèdent la faculté de dégrader des hydrocarbures, il faut, d'une part, qu'elles soient en nombre important et, d'autre part, rendre plus efficace leur capacité de biodégradation.

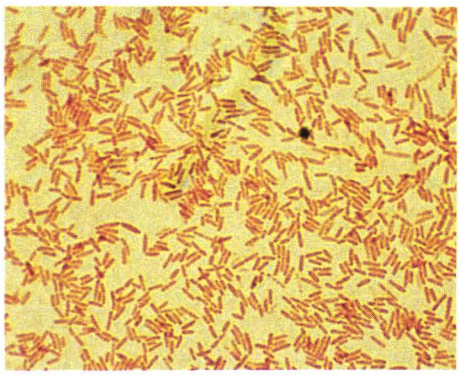
Pour cela, nous avons cherché une source de carbone qui, ajoutée à la nappe, stimulerait la croissance bactérienne et l'adaptation de micro-organismes aux hydrocarbures. Après de multiples essais, nous avons fixé notre choix sur l'acide oléique : un acide gras, liquide huileux, incolore.

Bien que la deuxième question soit liée à la première, la réponse est en théorie beaucoup plus simple : pour que des bactéries dégradent rapidement un hydrocarbure, il faut leur apporter des éléments nutritionnels qui sont l'azote et le phosphore.

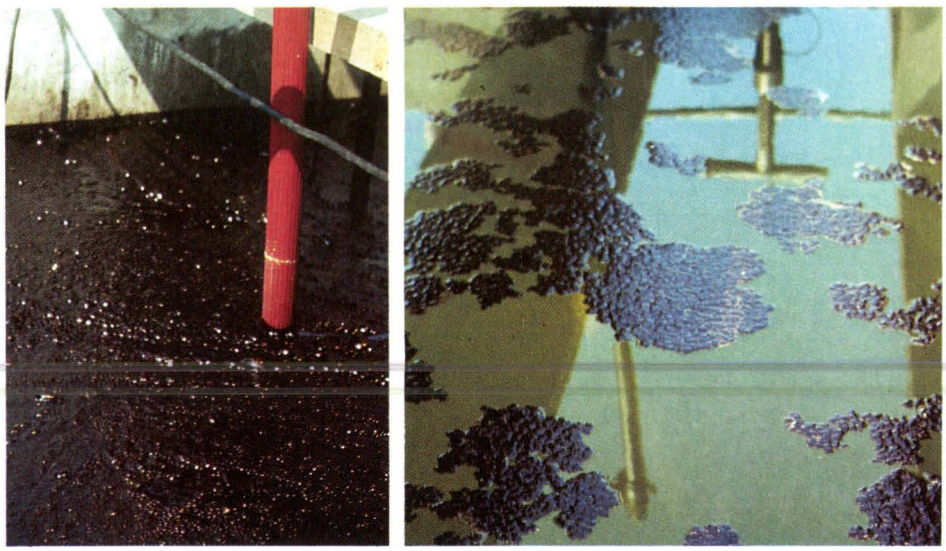
Sur le plan pratique, le problème n'est pas des plus faciles à résoudre, car l'addition d'azote et de phosphore sous forme de sels minéraux solubles ne peut pas être envisagée dans un milieu ouvert tel que la mer. En effet, ces composés vont se dissoudre dans l'eau et ne resteront pas dans la zone polluée.

Ces composés doivent fournir en définitive une formulation telle que le produit apporté soit susceptible de rester collé à la nappe (interface eau-nappe), endroit où doit se faire la plus forte concentration en germes bactériens.

Ensuite, ces produits doivent satisfaire à plusieurs exigences ; être peu ou pas solubles dans l'eau comme nous venons de le voir, être stables physiquement et chimiquement, être biodégradables, ne pas être toxiques pour la faune et la flore marines, être d'un prix de revient le plus faible possible et être compatibles (solubles ou miscibles) avec l'acide oléique.



Microphotographie (grossissement : × 1.000) de bactéries marines après coloration (ci-dessus). Ci-dessous : aspect des nappes d'hydrocarbures, six jours après la pollution avec ou sans traitement (à gauche, bassin témoin ; à droite, bassin traité).



Les impératifs étant fixés, nous avons testé en laboratoire sur une bactérie "sauvage" isolée de l'eau de mer, plusieurs sources de phosphore organique synthétisées par nos équipes de chimistes. Nous avons finalement sélectionné un composé phosphoré (lauryl-éther-phosphate), liquide miscible à l'acide oléique.

Dans les mêmes conditions, plusieurs composés azotés ont été essayés. L'un d'eux a retenu notre attention pour être testé en milieu naturel. Il s'agit du N- alkyl-polypropylène-polyamine contenant 14,85 % d'azote qui sera ajouté aux autres composés déjà cités, apportant le phosphore et le carbone indispensables*.

Parmi les composés organiques testés, l'urée semblait être une source d'azote particulièrement efficace. Cependant, ce produit très soluble dans l'eau, ne pouvait pas être utilisé directement.

Après quelques essais de fabrication d'émulsions inverses contenant l'urée dans la phase aqueuse, sans trop de résultats satisfaisants dans la préparation de formules nutritives, nous nous sommes orientés, toujours avec l'aide des chimistes du Groupe, vers la mise au point de micro-émulsions.

La question était : peut-on formuler un composé nutritif à base d'urée, d'acide oléique, de lauryl-éther-phosphate, suivant certaines proportions précises ? La réponse fut positive après plusieurs essais.

Ces différentes formulations nous permirent d'obtenir des taux de biodégradation atteignant en moyenne 80 %. Il était temps de réaliser des essais dans le milieu naturel. Ces essais eurent lieu, avec le concours des chercheurs de la Fondation océanographique Ricard, à l'île des Embiez, dans un bassin d'expérimentation alimenté en eau de mer pompée directement dans la lagune voisine.

Dans ce bassin, nous avons déversé des nappes de pétrole brut et nous avons traité certaines d'entre elles avec nos formulations. Afin d'évaluer les effets de ces traitements, nous avons analysé l'évolution des principaux facteurs du milieu (température de l'eau, pH**, oxygène dissous et autres dosages chimiques), des populations bactériennes, et suivi la disparition du pétrole dans le temps. L'évolution de la flore bactérienne est l'un des paramètres des plus importants car il permet de définir si l'engrais ajouté est efficace ou non. Nous avons donc suivi quotidiennement l'évolution des bactéries marines et surtout de celles qui sont aptes à dégrader les hydrocarbures (flore spécifique).

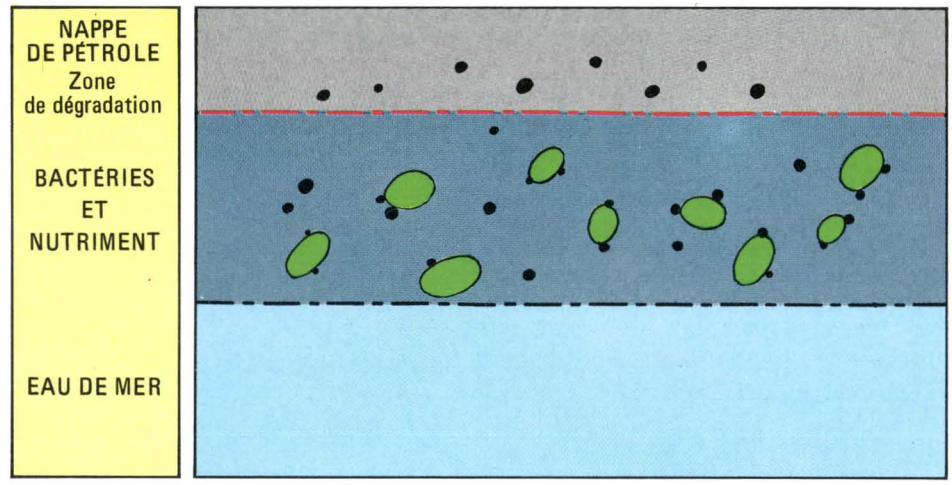
Pour déterminer le taux de biodégradation réel à chaque fin d'expérience, nous avons réalisé un bilan final. Pour cela, les hydrocarbures résiduels sur chacun des bassins sont récupérés et leur volume est mesuré. Après dégazage, on évalue leur teneur en eau. On calcule alors la différence entre la quantité de pétrole initial et celle retrouvée à la fin de l'essai.

La série d'expérimentations effectuées sur une nappe de pétrole brut dans des conditions voisines du milieu naturel montre que l'apport d'éléments nutritifs active et accélère la biodégradation, à condition que ces éléments restent à la disposition des micro-organismes.

En présence d'éléments nutritifs satisfaisants, les bactéries se développent rapidement et plus particulièrement celles qui sont aptes à dégrader le pétrole. Les essais font apparaître des taux de biodégradation supérieurs à 65 % en sept jours, au lieu de nombreuses semaines, voire plusieurs mois lorsque le phénomène suit son processus normal.

Dans un milieu tel que celui que nous avons utilisé, l'objectif de la stimulation de la biodégradation que nous nous étions fixé semble donc être atteint. Toutefois, il sera indispensable d'effectuer d'autres expériences de dégradation de plus longue durée avant de procéder à des expériences en pleine mer. Mais ceci est une autre étape et il faut bien se garder de considérer dès maintenant le traitement "biologique" que nous étudions comme une panacée dans la lutte contre les marées noires. Cependant, il est vrai, et nous œuvrons en ce sens, que nos produits peuvent s'avérer dans un proche avenir comme de nouveaux remèdes efficaces notamment contre les petites pollutions accidentelles et limitées qui asphyxient quotidiennement un peu plus nos océans. ■

André Sirvins



Microenvironnement dû à la présence du nutriment sous forme de microémulsion.

* Le N-alkyl-polypropylène-polyamine sera formulé soit avec un oléophosphate et du monobutyl-éther d'éthylène glycol (BEG) ou avec l'acide oléique, plus du lauryl-éther-phosphate ou du dilauryl-phosphate, plus BEG.

** Le pH est le coefficient qui caractérise l'acidité du milieu. Si un pH est inférieur à 7, une solution est dite "acide" ; elle est basique s'il est supérieur à 7.

QU'EST-CE QU'UNE MICRO-ÉMULSION ?

Pour mémoire, rappelons succinctement qu'une micro-émulsion est une dispersion thermodynamiquement stable d'un liquide dans un autre, sous forme de gouttelettes sphériques de très faible diamètre (100 à 600 Å). Cette faible taille des particules confère un caractère transparent au système. Il est constitué d'eau, d'un corps gras organique non soluble dans l'eau, d'un agent tensio-actif et d'un agent cotensio-actif. Dans le système qui est le nutriment formulé pour activer la biodégradation, la phase aqueuse est une solution d'urée, le tensio-actif est le lauryl-éther-phosphate, le cotensio-actif est le monobutyl-éther de l'éthylène-glycol.

Données apodictiques en faveur de l'extension, au domaine marin, des mesures de protection et de sauvegarde du massif des calanques de Marseille à Cassis

"Faire mieux connaître les richesses ignorées ou négligées de la partie marine des calanques dont la destinée doit être intimement liée à celle de la partie terrestre, telle est l'ambition de cet article", *écrit son auteur, Henry Augier, expert scientifique au Conseil de l'Europe, conseiller scientifique au parc national de Port-Cros, chargé de cours à la faculté des sciences de Marseille.*

Les calanques constituent un site grandiose d'une rare beauté et d'une valeur tout à fait exceptionnelle dont la réputation a franchi depuis longtemps les frontières nationales. Mais, ce que l'on sait moins, c'est que ce massif, qui exerce une si grande fascination et un tel émerveillement chez tous ceux qui le parcourent à pied, se prolonge sous le miroir des eaux en paysages sous-marins d'une variété étonnante de formes et de couleurs : prairies d'algues multicolores par petits fonds ensoleillés, prairie de posidonies d'un vert soutenu qui plonge parfois jusqu'à 35 m de profondeur, chaos et éboulis dantesques, concrétions coralligènes surmontées de gorgones géantes, tombants impressionnants colonisés par une multitude d'organismes bariolés, grottes sous-marines suspendues sur l'abîme... On peut dire, en définitive et sans exagération, qu'on trouve réunis sur cette bordure littorale de 16 km de long la plupart des biotopes les plus classiques du benthos méditerranéen français.

Illustration ci-dessus : peuplement à gorgones à l'île Maïre (ph. André Pain de la F.F.E.S.S.M.).

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, la posidonie *(Posidonia oceanica)* n'est pas une algue : c'est une plante supérieure qui, comme les végétaux terrestres à fleurs, possède une tige (rhizome), des racines, des feuilles, des fleurs et des fruits.

La posidonie forme de vastes prairies dont le rôle biologique est considérable puisqu'elles constituent non seulement un lieu de refuge et d'habitat pour de très nombreux organismes, mais également un milieu privilégié de frai et de nourriture pour quantité d'animaux. Les posidonies jouent également un rôle important dans l'oxygénation de la mer grâce à leur intense photosynthèse et dans la stabilité des fonds meubles grâce à leurs racines. Dans les calanques, comme celles, par exemple, d'En Vau et de Port-Pin, elles sont même une garantie du profil d'équilibre des fonds du proche littoral.

Or, il s'avère que dans de nombreux secteurs, l'herbier de posidonies est menacé :

—il a disparu de la calanque de Cortiou où se déversent les eaux usées de la ville de Marseille (1.500.000 équivalents-habitants, sans traitement de dépollution, débit 7 m/s), sur un rayon de 2 km à partir du point du rejet ;

—il est profondément affecté dans le reste de la zone comprise entre le cap Croisette et le bec de Sormiou, encore sous influence des rejets de Cortiou ;

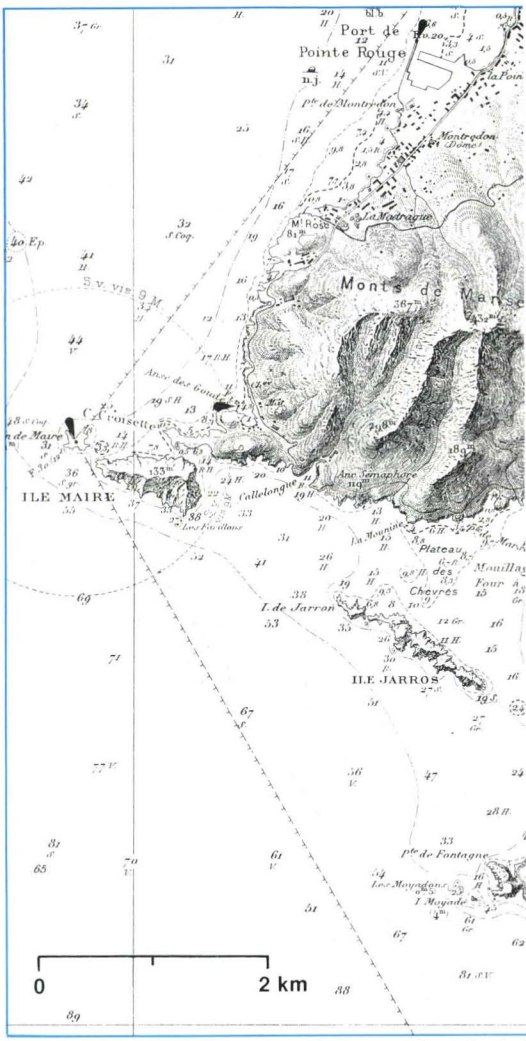
—la menace pèse également sur l'herbier de l'archipel de Riou, notamment au sud-est de l'île de Riou où l'herbier colonise des fonds relativement profonds ;

—à Sormiou, l'herbier souffre non seulement à cause de la turbidité des eaux due aux rejets sauvages de certains "cabanons" et de deux restaurants mais aussi par des "venues" sporadiques de polluants issus de la nappe polluante de Cortiou (en plongée, on peut voir que les rhizomes des posidonies sont déchaussés et les feuilles souvent recouvertes d'une pellicule de particules grisâtres fines) ;

—l'herbier de la calanque d'En-Vau est menacé par les déchets rejetés par-dessus bord par les plaisanciers, et le labourage des fonds par les ancres ; en été la calanque est transformée en parking à bateaux ;

—les herbiers des calanques de Port-Pin et de Port-Miou sont également menacés par les activités balnéaires et plaisancières.

Un herbier de posidonies d'une grande valeur installé dans les zones les plus sensibles

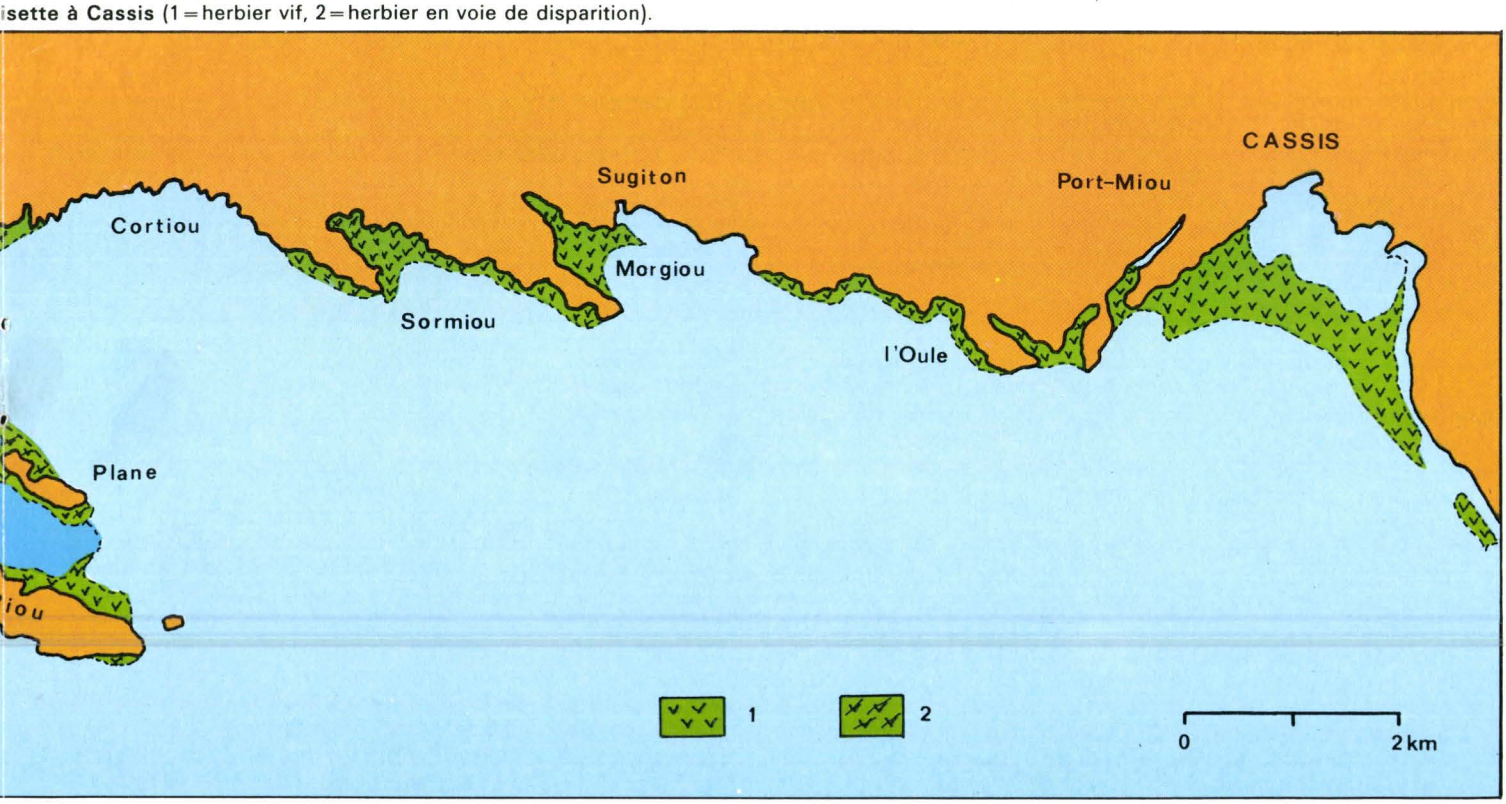


Présentation générale des calanques. Extrait de l

Répartition de l'herbier de posidonies du cap Cro

Vue aérienne du cap Sormiou (à dr.) et de la calanque de Cortiou où se jettent les eaux usées de la ville de Marseille. On distingue nettement (à g.) la nappe polluante (ph. M. Barbier).

la carte : "Du cap Couronne au Bec de l'Aigle", éditée par le service hydrographique et océanographique de la Marine. (échelle 1/50 000).
isette à Cassis (1 = herbier vif, 2 = herbier en voie de disparition).



Des peuplements coralligènes d'une grande variété et d'une grande richesse

Le *"coralligène"* est ainsi nommé parce que le corail *(Corallium rubrum)* en est un des éléments constituants qui n'est d'ailleurs ni dominant, ni constant, et qui régresse constamment à cause de la cueillette intensive pratiquée par les "pirates du corail". Ce peuplement présente trois caractères principaux :

—il est lié aux fonds durs originels (roches) ou issus d'un concrétionnement végétal sur substrat meuble ;

—il se développe dans les zones qui reçoivent une lumière atténuée par la profondeur ou la topographie ;

—il comprend de nombreux organismes (algues notamment) sécréteurs de calcaire donnant des concrétionnements spectaculaires aux formes et aux couleurs d'une rare beauté.

Dans les calanques, le coralligène trouve des conditions très favorables à son développement et, selon les circonstances écologiques, il présente une grande variété d'aspects :

—les fonds coralligènes dits "de plateau" dans lesquels le substrat dur a été obtenu par concrétionnement biologique sur un fond originellement meuble ;

—le coralligène dit "d'horizon inférieur de la roche littorale" qui se développe :

- soit au pied des falaises sous-marines ;
- soit sur des surfaces rocheuses émergeant du sédiment environnant ;
- soit à l'entrée des grottes sous-marines ;

—le *"précoralligène"* qui est en fait un faciès particulier présentant des affinités indéniables avec le véritable peuplement coralligène ; il se développe :

- sur les pans rocheux bien ombragés ;
- sur les surplombs des roches littorales ;
- dans les fissures et crevasses de la roche.

L'aspect le plus spectaculaire du coralligène est sans conteste celui à gorgonaires en strate élevée :

- à gorgone de cavolini *(Eunicella cavolinii)* sur les pans verticaux à profondeur moyenne ;
- à gorgone blanche *(Eunicella graminea)* sur les replats faiblement inclinés et les blocs reposant sur le sédiment ;
- à gorgone caméléon (Muricaea chamaeleon) sur les pans verticaux profonds.

Ces multiples aspects du peuplement coralligène existent dans les calanques de Marseille. Parmi les sites les plus célèbres, mentionnons : face sud de l'île Maïre, de l'île Jarre, de l'île Riou (notamment au niveau des Empereurs), face sud de la pointe Sormiou, au droit des calanques de Sugiton, Saint-Jean, Devenson et l'Oule.

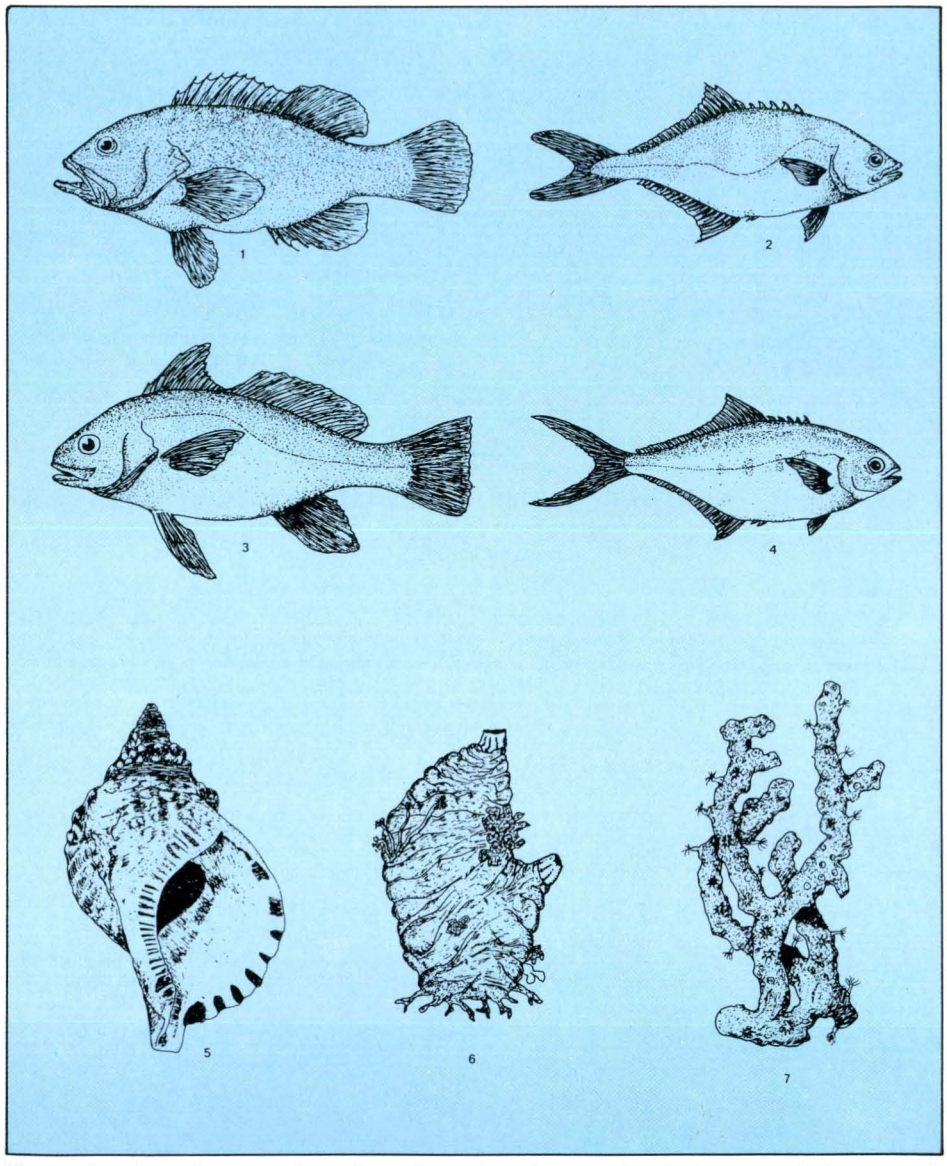


Illustration de quelques espèces à protéger : 1 = mérou = ***Epinephelus guaza*** **(100 à 150 cm)**, 2 = liche = ***Lichia glauca*** = ***Trachynotus glaucus*** (30 à 40 cm), 3 = corb = corbeau = ***Sciaena umbra,*** (30 à 50 cm), 4 = palomine = ***Lichia amia*** (25 à 35 cm), 5 = triton = ***Tritonium nodiferum*** (30 à 40 cm), 6 = violet = violet = figue de mer = ***Microcosmus sulcatus*** (10 à 20 cm), 7 = corail = ***Corallium rubrum*** (10 à 50 cm).

Des espèces à protéger impérativement

Parmi les richesses biologiques des calanques, il est certaines espèces qui doivent être impérativement protégées, au premier plan desquelles il convient de placer le corail *(Corallium rubrum)*, la nacre ou jambonneau de mer *(Pinna nobilis)* et le mérou *(Epinephelus guaza)* qui se raréfient de façon dramatique sur l'ensemble de notre littoral méditerranéen.

Il convient de rester extrêmement vigilant aussi pour d'autres espèces

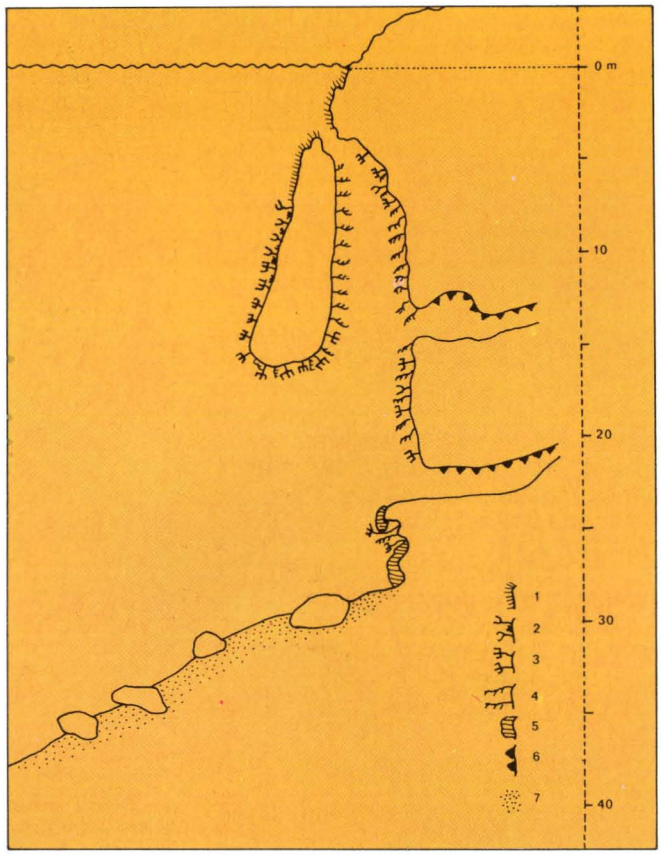
animales dont les stocks sont assez sérieusement entamés : la dentelle de Neptune *(Retepora cellulosa)*, le violet ou violet ou figue de mer *(Microcosmus sulcatus)*, la liche *(Trachynotus glaucus* et *Lichia amia)*, le corb ou corbeau *(Corvina nigra)* et le triton *(Tritonium nodiferum)*.

Des mesures de sauvegarde doivent également être mises en œuvre incessamment pour les espèces végétales dont les peuplements sont actuellement en voie de dégradation dans les calanques ; il s'agit de l'herbier de posidonies *(Posidonia oceanica)*, de la prairie à zostère naine *(Zostera noltii)* et de la pelouse à caulerpes *(Caulerpa prolifera)*.

Grottes d'intérêt biologique, hydrologique et archéologique

Le substratum calcaire des calanques est particulièrement favorable à la formation de grottes sous-marines dont le nombre et la variété sont rarement égalés ailleurs sur notre littoral méditerranéen. Ces grottes marines, outre leur intérêt hydrologique, sont des zones privilégiées pour les recherches biologiques et préhistoriques. Parmi les cavités les plus célèbres, citons celles de Jaïre, de Calseraigne, Moyade, Fontagne, Keiron, Bec Sormiou, Capélan, Trifene (cap Morgiou), Morgiou-est, Grande Candelle, Œil-de-verre, cap Devenson, Castel-Vieil, Martin-Bouffo, Port-Miou et le Bestouan.

Pinne, mollusque géant de Méditerranée en voie de disparition, qui est également appelé nacre à cause de la couleur nacrée des parois internes des coquilles au niveau du manteau palléal. Il est le support d'une vie très intense : éponges, bryozoaires et algues dont notamment l'acétabulaire, en forme de petit champignon (ph. Pierre Escoubet).



La grotte de l'île Plane (d'après Laborel, modifié) - 1 : peuplement de la roche photophile infralittorale ; 2 : *Eunicella cavolini* et *Parazoanthus axinellae* ; 3 : *Paramuricea chameleon* ; 4 : *Corallium rubrum* ; 5 : peuplements appauvris à spongiaires ; 6 : boyaux à *Petrosia massiliana* ; 7 : sables vaseux.

Ces grottes sont parfois le siège d'exurgences importantes comme c'est le cas à Port-Miou et au Bestouan.

La "rivière" souterraine de Port-Miou est actuellement en voie d'aménagement sous la forme d'un barrage intérieur immergé à 450 m de l'entrée (Société des Eaux de Marseille et B.R.G.M.*) ; elle servira peut-être à l'alimentation en eau des zones urbaines avoisinantes.

Sur la face est de la presqu'île de la pointe Cacao, s'ouvre la grotte archéologique qui était dans les temps très reculés un habitat pour l'homme. On y a retrouvé des os de renne et des photos prises à l'infra-rouge ont révélé des traces de gravures rupestres invisibles à l'œil nu.

Epaves et vestiges antiques

La région des calanques est riche en épaves, en débris d'épave et en vestiges antiques dont certaines ont pu être sauvées, tandis que d'autres étaient pillées sans vergogne et ce qui reste devrait être impérativement protégé.

Pour montrer l'intérêt et la valeur des vestiges sous-marins des calanques, nous donnons, ci-après, une liste non exhaustive des "découvertes" faites jusqu'ici, dont un certain nombre sont exposées dans divers musées nationaux (entre parenthèses figurent les noms des "découvreurs") :

—île Maïre : épave romaine d'amphores d'Italie du sud (Dressel), coupes campaniennes (Gélindo), amphores à chaux (Barabino), amphores sphéroïdales (Cousteau, Dumas) ;

—récifs des Farillons : épave d'amphores italiques et sphéroidales (Cousteau, Dumas et Dressel), vaisselle campanienne, bouchons d'amphores aux cachets en ovale (Poudevigne) ;

—écueil de Miet (Esten dou mitan) : cimetière marin d'amphores et de fragments de types et de formes différentes (Dressel), gravures de timbres (Girault et Martis), petite amphore du Bas Empire (Greaud) amphore à huile (Dressel), protomé de griffon en ivoire, ornée de palmettes (Pernac), sonde hémisphérique en plomb (Gélindo) ;

—Calseraigne : bittes d'amarrage taillées à même le roc (Girault) ;

—Grand Congloué : le gisement du

(*) Bureau de recherches géologiques et minières.

Grand Congloué représente la première exploitation scientifique d'une épave antique et l'un des sites archéologiques les plus célèbres de notre littoral qui a livré une somme incroyable d'objets. Le gisement a été découvert, en 1948, par Christianini et les fouilles conduites sous la responsabilité de Cousteau et Girault, à partir de 1952. Au total le gisement a livré plus de 2.500 amphores, 6.000 pièces de céramique aussi bien grecques que campaniennes d'une très grande diversité de formes, ainsi que bon nombre d'objets usuels, tous intéressants (mortiers de marbre, réchauds de terre, vases à parfum, soucoupes vernies en noir, récipients divers, etc...). On a également remonté des jas d'ancre en plomb, dont l'un de 1,78 m de longueur ;

—île de Riou : chargement de céramique campanienne dispersée sur le fond sableux (Girault et Beuchat) ; la forme des plats et l'ornementation de palmettes et de rosettes différent de celles du gisement du Grand Congloué ;

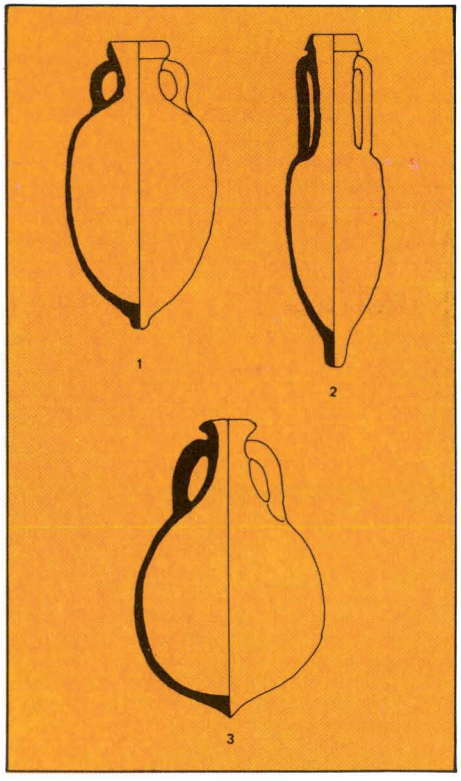
—cap Morgiou : jas d'ancre en plomb (Manganelli) ;

—pointe du Cocar : champ d'amphores italiques et d'amphores pyriformes (Girault, Manganelli).

On a dit que l'épave est un livre ouvert sur une époque. Elle donne en effet, de précieux renseignements sur les routes commerciales, le mode de vie des marins, l'architecture navale, les escales, les formes de négoce, les habitudes alimentaires, les moyens de conditionnement, les objets usuels, les objets précieux, l'art, la monnaie, etc... Le pillage d'une épave constitue donc une perte intrinsèque pour notre patrimoine archéologique. Mais ce que l'on sait moins, c'est que le pillage des innombrables débris qui jonchent le sol sous-marin représente une perte tout aussi considérable, non seulement à cause de la disparition des objets prélevés mais surtout par celle des indices de surface qui seuls permettent souvent de supposer l'existence d'une épave profondément enfouie sous les sédiments ou les concrétions biologiques.

Etudes de cas

En fonction des intérêts qui s'y rattachent, il est possible de sélectionner, d'ouest en est, et à titre démonstratif, un certain nombre de sites sur lesquels repose la réputation du domaine marin des calanques, et ceci, à des titres divers :



Amphores trouvées au voisinage de l'île Maïre (d'après BENOIT 1956, modifié. 1 et 2 = amphores à chaux, 3 = amphore sphérique).

● **L'île Maïre** présente une grande variété de fonds qui sont malheureusement, par endroit, perturbés par la pollution de Cortiou :

—la cathédrale, à proximité de l'extrémité ouest, énorme bloc rocheux à structure tourmentée, percée de nombreuses grottes et concavités donnant à l'ensemble l'aspect d'une cathédrale, avec voûtes, piliers et surplombs ;

—les grottes à corail, au nombre de quatre, dont l'une aboutit au fond d'une crique en une sorte de vasque, après un parcours d'environ 20 mètres ;

—l'arche des Farillons, arche naturelle, d'une perspective magnifique, colonisée par une flore et une faune exubérantes ; à proximité, des tombants tapissés de gorgones plongent jusqu'à 40 mètres ;

—l'épave du *Liban,* "vapeur" coulé le 7 juin 1903, constitue une épave grandiose de 150 m de long qui repose sur un fond de 30 m ; elle est habitée par une faune très riche, habituelle des épaves telles que sars, congres, langoustes, etc... ;

—les Fromages, ainsi nommés parce que les rochers y sont troués comme du gruyère, s'étagent entre 2 et 35 m ; ils sont occupés par un grand nombre de poissons et de crustacés : sars, rascasses, murènes, langoustes, etc...

● **Archipel de Riou**

L'archipel de Riou est composé de quatre îles principales, Jarron, Jarre (ou Jarros), Plane (ou Calseragne, ou Calseraigne), Riou, ainsi que de nombreux îlots dont les plus connus sont le Grand et le Petit Congloué, les Empereurs et les Moyades. Cet archipel qui est relié à la côte par un haut fond appelé le "plateau des chèvres", constitue un site grandiose, d'une grande valeur, notamment en ce qui concerne le milieu marin. Malheureusement une partie de la flore et de la faune de ces fonds est dans un état plus ou moins avancé de dégradation, témoins indélébiles de l'agressivité des effluents toxiques déversés dans la calanque voisine de Cortiou. Les versants tournés vers le large sont heureusement beaucoup moins atteints et on peut toujours espérer que la mise en service de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Marseille contribuera à les sauvegarder.

Les "joyaux" principaux de l'archipel sont les suivants :

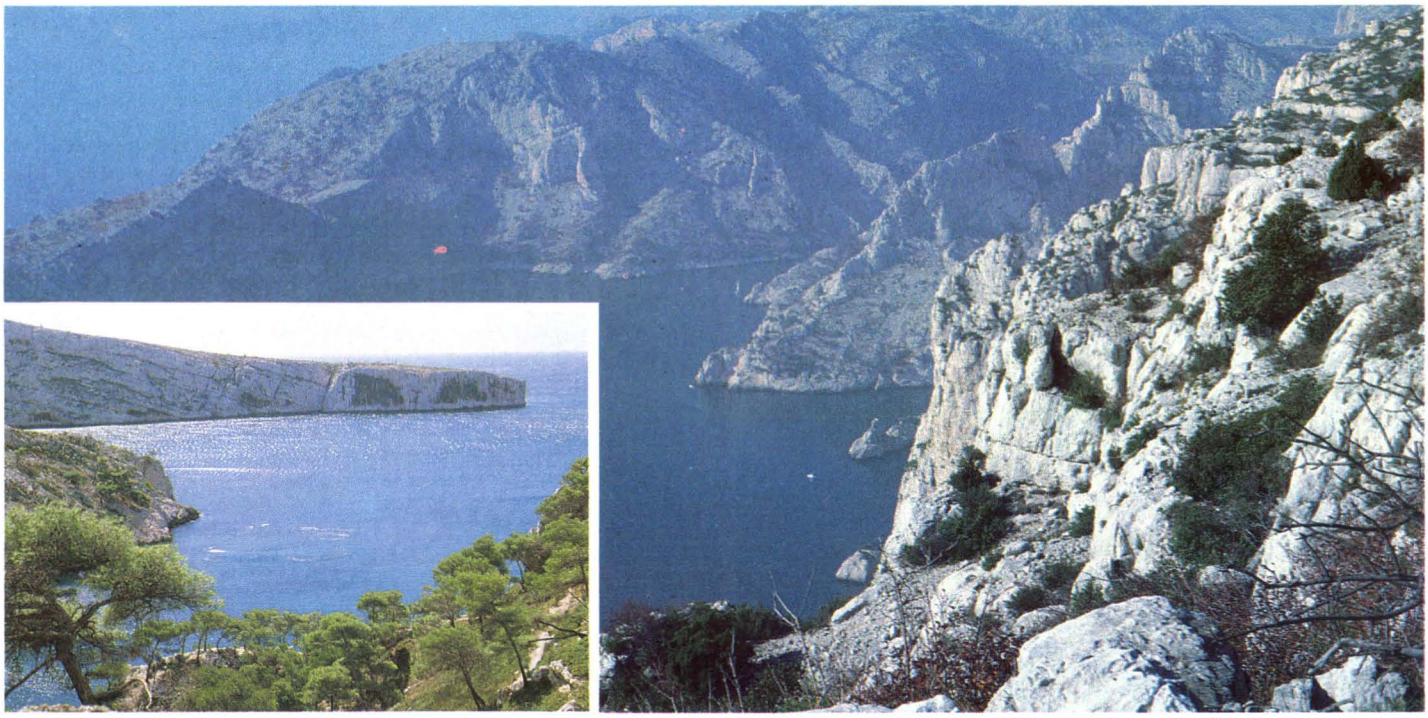
—l'écueil de Miet, situé dans la passe, entre les îles Jarre et Plane, constitue une sorte de petite colline sous la mer, mais représente, en surface, un piège redoutable pour les bateaux (le sommet de la colline est en effet situé à environ 2,50 m de la surface, c'est-à-dire à portée de la coque des gros bateaux).

Dans ce décor dominé par l'éperon rocheux, la beauté du paysage est rehaussée par la présence de deux épaves encore en bon état :

● *"Le Cimentier",* bateau à voile coulé au début du siècle, git par 20 m de fond : sa cargaison de sacs de ciment s'est répandue sur le versant nord de l'écueil et donne au fond un aspect original ;

● le bateau poste italien a sombré du côté diamétralement opposé au *"Cimentier"* par rapport à l'écueil de Miet, sa coque, ouverte en deux parties dans le sens longitudinal, sert de refuge à la flore et à la faune habituelles et abondantes des épaves (algues concrétionnées, crustacés, poissons, etc...) ;

—le port naturel et le tunnel de Calseraigne. La crique naturelle située à mi-longueur de l'île de Calseraigne constitue un des rares secteurs abrités où les bateaux peuvent trouver



Vue des calanques : au loin, l'entrée de Sugitton et l'entrée de Morgiou (ph. Barbier). En médaillon, vue sur le cap Morgiou (ph. Henry Augier).

refuge ; les fonds de ce port naturel sont tapissés d'une prairie multicolore d'algues assez bien conservées dont la majeure partie est référable à la biocénose de la roche infralittorale photophile de mode relativement calme. L'attrait de cette crique est augmenté par la présence d'une sorte de tunnel naturel, très pittoresque, qui relie la crique à l'extérieur, sur une longueur d'environ 20 mètres ;

—extrémité sud de Calseraigne et rocher de l'Estéou. C'est un secteur de très grande valeur et haut en couleurs, où l'on passe souvent sans transition, de mini-tombants et de mini-crevasses, à des chaos d'énormes blocs rocheux, d'arches tortueuses, à des grottes plus ou moins profondes où les peuplements végétaux et animaux trouvent les conditions favorables à leur diversification et à leur exubérance ;

—les fonds qui entourent l'île de Riou sont tout à fait exceptionnels non seulement par la présence de reliefs vertigineux qui prolongent la partie émergée de l'île, mais également par la richesse de la flore et de la faune. Les sites les plus célèbres sont certainement le Grand et le Petit Congloué, les Impériaux et les Moyadons ; c'est dans ce secteur qu'ont élu domicile les quelques rares mérous rescapés de notre côte qui ont malheureusement payé un lourd tribut à la chasse sous-marine et qui doivent être impérativement protégés ;

—le grand Congloué a permis d'écrire une des pages les plus célèbres de l'histoire de l'archéologie sous-marine. Le commandant Cousteau et ses compagnons ont réussi à mettre au jour, avec deux mille cinq cents amphores et six mille pièces de céramique, un des plus précieux trésors légués par l'Antiquité, qui reposait là depuis deux millénaires. Le Grand Congloué constitue aussi, comme son frère jumeau le Petit Congloué, un site d'une exceptionnelle beauté avec ses surplombs et ses parois vertigineuses richement décorés de gorgones, d'éponges et d'algues rouges concrétionnées ;

—l'îlot Moyade et les Moyadons. Des éboulis de rochers et des chaos de gros blocs composent, en de nombreux endroits, notamment au niveau du sec des Moyadons, des abris naturels qui servent de refuge à de nombreux poissons et crustacés. On y trouve également des "vestiges" de bombes d'exercice ; avant la guerre, l'îlot Moyade servait de cible à l'Aéronavale ;

—les Impériaux sont deux îlots situés au sud-ouest de la pointe Caramassaigne ; la plongée en ces lieux est considérée par les clubs comme une des plus belles et des plus impressionnantes de la Méditerranée française. C'est, en fait, un site exceptionnel. On y trouve un herbier de posidonies très profond et encore bien conservé, mais également des tombants d'une rare beauté et d'une grande richesse biologique et un lieu d'élection pour nombre de poissons de taille respectable.

● Calanque de Sormiou

Sormiou n'est pas seulement la calanque la plus large et la plus ouverte du massif, mais également celle qui possède la plage la plus longue et la plus hospitalière et l'herbier de posidonies le plus étendu. C'est aussi une calanque habitée (cabanons, restaurants, buvette) qui connaît une grande animation pendant la saison estivale. Malheureusement, aucune mesure d'assainissement n'a été prise, pour l'instant, ce qui nous paraît préjudiciable aux petits fonds, notamment à l'herbier de posidonies et à l'état sanitaire de l'eau au niveau de la plage.

● Calanque et cap Morgiou.

Enserrée entre la crête des Escampons et le cap Morgiou, la calanque de Morgiou est plus étroite que celle de Sormiou mais elle est également habitée et ses fonds sont occupés, en grande partie, par un herbier de posidonies d'assez bonne vitalité. Le fond de la calanque est malheureusement dégradé par l'aménagement disparate d'un port-abri rudimentaire et

miniature dont la digue transversale barre l'horizon, supprimant ainsi le panorama sur l'entrée de la calanque.

Le cap Morgiou, surtout vers sa pointe, recèle des "tombants" habités par une flore et une faune très riches et très variés.

● Calanque de Sugiton et îlot du Torpilleur.

Sugiton est connu par les nudistes qui ont pris possession d'une dalle rocheuse inclinée en pente douce vers la mer. Le site ne recèle pas une flore et une faune marines exceptionnelles, mais les fonds marins offrent des perspectives architecturales d'une grande beauté, notamment de part et d'autre de l'îlot du Torpilleur au nom bien évocateur.

● Littoral du Devenson.

La bordure littorale rocheuse du Devenson offre une succession de blocs rocheux, de tombants, de failles, de crevasses et de mini-grottes très attrayants non seulement pour les paysages sous-marins qu'ils composent, mais également pour l'exubérance de la flore et de la faune. La biocénose du coralligène y prend, par endroit, un développement remarquable, notamment par la variété de forme des concrétionnements à base d'algues rouges calcaires et par la densité des éponges et des gorgones.

● Calanque de l'Oule

Au point de vue architectural, la calanque de l'Oule est tout à fait originale puisque son contact avec le "milieu terrestre" est constitué non pas par une plage de sable ou de galets comme les autres calanques, mais par un "à pic" qui interdit d'ailleurs son accès par la terre (hémicycle bordé par une muraille très haute). En fait, les calanques de Sormiou, Morgiou, En Vau, Port-Pin et Port-Miou entrent dans la catégorie des vraies calanques à ravin long et thalweg, nettement tranché dans la topographie, alors que la calanque de l'Oule est une véritable reculée karstique. La calanque de l'Oule se trouve de la sorte beaucoup moins exposée aux perturbations engendrées par les activités humaines. Cette particularité explique qu'elle présente de jolis fonds et des peuplements floristiques et faunistiques florissants. L'herbier de posidonies est également présent dans la calanque, mais il est affouillé, par endroit, par des courants de décharge engendrés par le Labé.

● Calanque d'En Vau

La calanque d'En Vau a la réputation d'être la plus belle de tout le massif ; les excursionnistes ne l'appellent-ils pas la "Reine des calanques" ? Sa beauté vient certainement de l'escarpement de ses flancs et de l'étroitesse de la crique qui créent une "ambiance" particulière dont le ton est rehaussé par la présence de plusieurs aiguilles rocheuses, la plus pittoresque étant certainement le "Doigt de Dieu", encore appellé la "Demoiselle d'En Vau".

En ce qui concerne les fonds marins, la calanque porte malheureusement, et à cause de sa célébrité, la marque des dégradations engendrées par une fréquentation touristique souvent peu lestée de scrupules vis-à-vis de l'environnement terrestre et marin. Les reliefs des pique-niques sont souvent retrouvés sur la plage ou éparpillés à son voisinage immédiat terrestre ou marin. En été, la calanque est pratiquement transformée en parking à bateaux qui y rejettent allègrement leurs eaux usées et autres détritus. L'herbier de posidonies est ainsi menacé non seulement par cette pollution (les détergents notamment auxquels les posidonies sont très sensibles) mais également par les rejets d'hydrocarbures des moteurs et le labourage des fonds par les ancres des bateaux. Rien n'arrêtera cette dégradation si l'accès de la calanque n'est pas interdit aux embarcations.

A la sortie d'En Vau, en direction de l'ouest et jusqu'à la pointe de Castel Vieil, la falaise haute et majestueuse se prolonge, sous l'eau, et presque jusqu'à 45 m de profondeur, par des parois plus ou moins verticales creusées de petites cavités, fissures et grottes qui attirent une faune et une flore nombreuses et bariolées d'un très grand intérêt.

En fait, En Vau constitue un site d'une valeur tout à fait exceptionnelle qui mérite d'être impérativement protégé.

● Calanque de Port-Pin et pointe Cacao.

La calanque de Port-Pin a un débouché commun avec la calanque d'En Vau ; elles sont cependant séparées par un interfluve dont l'extrémité émergée constitue la pointe de l'Eron qui se poursuit sous l'eau jusqu'à une profondeur d'environ 40 m. Cet interfluve sous-marin d'origine karstique est très irrégulier, on y rencontre des tombants rocheux à peuplement à gorgones et des surplombs occupés par la biocénose coralligène classique.

L'herbier de posidonies s'étend jusque vers 40 m de profondeur, souvent séparé de l'interfluve par des chenaux plus ou moins larges. Le sable y est très peu envasé. Au fur et à mesure que l'on pénètre dans la calanque, l'herbier de posidonies est de plus en plus dégradé et se présente sous une forme en mozaïque de plus en plus lâche d'îlots de posidonies sur mattes mortes, elles-mêmes plus ou moins ensablées. Les mattes mortes sont occupées par des faciès souvent appauvris du *Thanato-posidonietum oceanicae.*

● Presqu'île Cacao

Depuis la pointe marquée par la présence d'un petit îlot, toute la face est de la presqu'île Cacao présente des parois rocheuses qui, par paliers successifs, arrivent jusqu'au fond de sable vers 35 à 45 m de profondeur. Les parois et surtout les trous et les ragues sont habités par une flore et une faune très riches caractéristiques des peuplements précoralligènes et coralligènes.

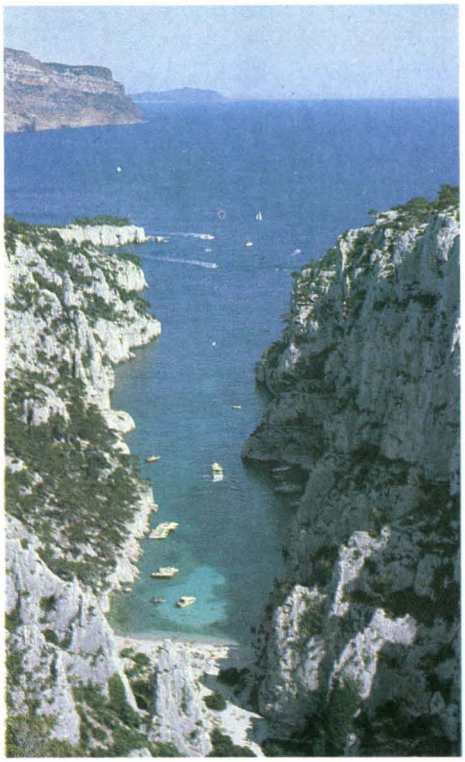
C'est sur cette face de la presqu'île que s'ouvre la fameuse grotte préhistorique dont les caractéristiques ont été données dans un chapitre précédent.

● Calanque de Port-Miou

Port-Miou se distingue des autres calanques par son profil sinueux et sa longueur (1,4 km). C'était le "Portus Melior" des Romains, c'est-à-dire le meilleur port.

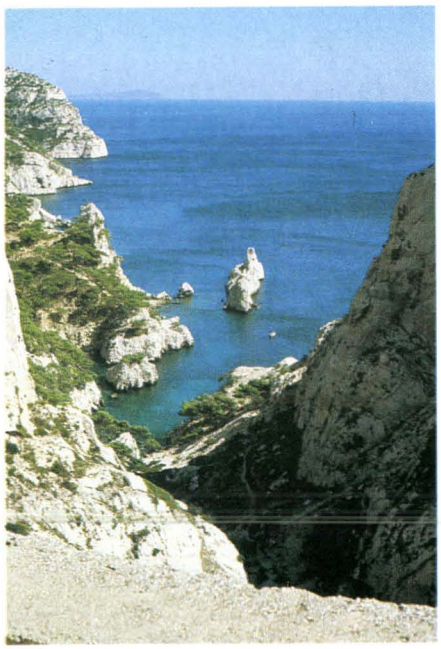
La calanque est surtout connue pour son importante résurgence sous-marine décrite la première fois par le comte de Marsili, en 1723, et explorée depuis à différentes reprises pour des études partielles par Martel (1907 et 1928), Picard et Galorne (1953), Corroy Gouvernet, Chouteau, Gilet et Sivirine (1958). L'entrée de la résurgence est située à 10 m de profondeur ; elle est facilement repérable en plongée, car deux canalisations de gros calibre en sortent et traversent toute la largeur de la calanque. Cette résurgence sous-marine est la plus grande de Méditerranée et l'une des plus importantes d'Europe.

Il existe plusieurs autres résurgences mineures dans la calanque, décelables par la transparence floue due au mélange de l'eau douce et de l'eau salée et aussi par la couleur blanche des rochers entourant les résurgences, couleur due au fait que l'eau douce empêche le développement des algues marines. Ces résurgences drainent les eaux douces du karst environnant et provoquent, dans la calanque, une dessalure plus ou moins importante et une baisse de



▲ Vue aérienne du massif. De g. à dr., les calanques d'En-vau, Port-Pin et Port-Miou. On distingue bien la dégradation paysagère de la calanque de Port-Miou par la carrière.

Au détour d'un sentier en allant sur Sugitton. ▶



▲ Calanque d'En-Vau. On distingue très nettement (tache claire) la zone dégradée de l'herbier de posidonies.

Calanque de Sugitton et le "Vaisseau" (ph. Henry Augier). ▶

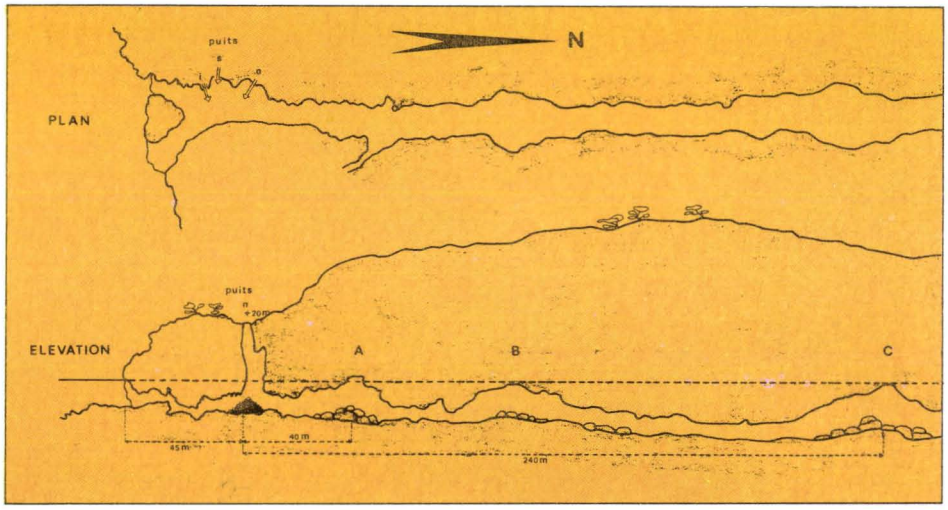
température surtout des eaux de surface.

La calanque de Port-Miou a fait l'objet d'une étude thermométrique par Gilet, en 1956, et d'une étude bionomique par de Gaillande, en 1968.

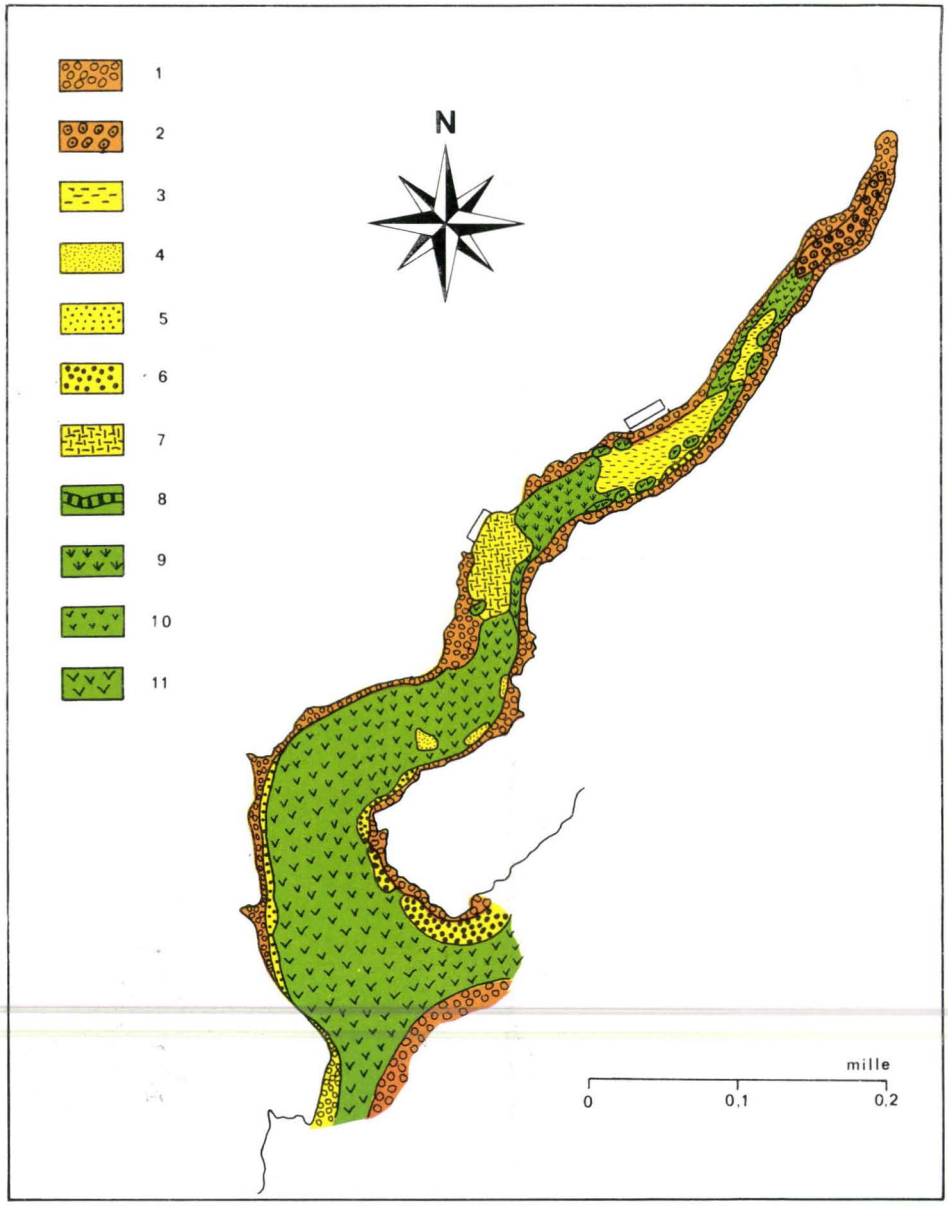
La calanque porte les traces d'une dégradation parfois très importante due aux activités humaines. On relève, en premier lieu, la présence d'éboulis de blocs de rochers de dimensions et de formes hétérogènes accumulés au débouché et au large de la calanque. D'après Poizat (1969), ces éboulis auraient été jetés par les navires servant à l'exploitation de la carrière de Port-Miou ; ils perturbent et interrompent l'herbier de posidonies avant sa limite profonde normale de —30 à —35 m.

L'herbier de posidonies est également profondément dégradé à sa limite supérieure, en direction de l'intérieur de la calanque, notamment au niveau de l'ancienne décharge et du quai de chargement de la carrière. Dans cette zone d'anciennes manœuvres des navires qui venaient charger le gravier, l'herbier a disparu, laissant la place à un sédiment non compacté et putride sur lequel les représentants de la flore et de la faune macroscopiques sont extrêmement rares. Enfin, les 10 ha d'herbier survivants présentent encore, par endroit, des zones où les posidonies sont moins florissantes qu'ailleurs, ce qui atteste que la dégradation de l'herbier se poursuit et que les activités nautiques doivent certainement porter une part de responsabilité.

L'herbier de posidonies devait également exister, au moins en partie, dans la moitié nord de la calanque ainsi qu'en attestent les vestiges de mattes mortes et la zone cartographiée, en 1948, par de Gaillande, sous l'appellation de "herbier de posidonies résiduel". A l'époque, le fond de la calanque était également occupé par des peuplements intéressants dont le degré de conservation reste à vérifier ; il s'agit des pelouses à cymodocées *(Cymodocea nodosa)* et zostères *(Zostera noltii)*, le peuplement à caulerpes *(Caulerpa prolifera)*



Résurgence sous-marine de la calanque de Port-Miou (d'après CORROY et al. 1958 modifié. A, B, C = salle d'éboulis).



Carte des peuplements benthiques de la calanque de Port-Miou (d'après DE GAILLANDE 1967, modifié, 1 = cailloutis, 2 = faux maerl, 3 = vases sableuses, 4 = sables fins bien calibrés, 5 = sables d'intermatte, 6 = sables grossiers et fins graviers sous l'influence des courants de fond, 7 = Aire d'ancrage des péniches, 8 = Pelouse à ***Caulerpa prolifera,*** 9 = Prairie à ***Cymodocea nodosa*** et ***Zostera noltii,*** 10 = Herbier de posidonies résiduel, 11 = Herbier de posidonies).

et le peuplement vaso-détritique baptisé "Faux maerl" par de Gaillande.

Comme les posidonies, les cymodocées et les zostères sont des phanérogames marines ; elles forment habituellement des prairies distinctes et quelquefois, comme à Port-Miou, des prairies mixtes repérables à un faciès de la biocénose des Sables Vaseux en Mode Calme (SVMC). L'originalité du peuplement vient du fait que l'implantation de *Zostera noltii* est conditionnée par un apport d'eau douce par le lit même de la calanque et la présence d'un sédiment relativement fluide et chargé en matières organiques.

Une des particularités remarquables de la calanque de Port-Miou est d'abriter un peuplement à *Caulerpa prolifera* signalé pour la première fois par Gilet, en 1956. Sur les côtes méditerranéennes françaises, cette algue verte présente une distribution discontinue et fluctuante qui montre clairement qu'elle se trouve à la limite de son aire de répartition. L'analyse des anciennes signalisations comparées aux observations contemporaines à permis, à Meinesz, de montrer, en 1973 et 1980, que depuis une quarantaine d'années l'algue a disparu ou que son peuplement est en régression plus ou moins prononcée dans la plupart des localités anciennement signalées (Menton, Monaco, Beaulieu, Saint-Jean-Cap Ferra, Villefranche, Nice, Antibes, Cannes, Le Brusc). En fait, des observations et des expériences réalisées par Feldmann, en 1976, et Augier et al., en 1980, ont montré que cette algue à affinités subtropicales, était sensible aux basses températures hivernales qui provoquent la sénescence des frondes. Les mesures de température effectuées par Gilet, en 1956, dans la calanque de Port-Miou, montrent qu'au niveau du peuplement à caulerpes, la moyenne mensuelle du mois le plus froid avoisine 14° C, ce qui représente une valeur relativement élevée par rapport aux autres secteurs de notre littoral dont le substratum est favorable au développement de l'algue.

Le fond de la calanque est enfin occupé par un peuplement formé en grande partie d'algues rouges calcaires Mélobésiées, appelées "Faux maerl" par de Gaillande. Les algues forment des sortes de nodules percés de nombreuses cavités qui contiennent une faunule variée. C'est dans ce peuplement que de Gaillande a trouvé, en 1956, une espèce nouvelle pour la science : le crustacé Décapode *Callianessa lobata*.

L'exploitation de la carrière de Port-Miou a cessé à la fin de l'année 1981, après avoir défoncé 800 m de colline durant une soixantaine d'années. Pour réduire l'aspect inesthétique de l'énorme coupure dans le paysage, il était question de creuser un port sur son emplacement. Suite à de nombreuses protestations, il semble qu'un tel sort sera épargné à ce site célèbre ; on s'orienterait maintenant vers la mise en place d'un dispositif de stockage à terre des bateaux actuellement mouillés dans la calanque. Si l'opération est conduite dans un réel souci d'intégration paysagère au site et dans le but de dégager complètement le plan d'eau de Port-Miou de ses bateaux-ventouses, ce pourrait être une solution de bon sens.

Il est intéressant de signaler que dans un souci de protection du site de Port-Miou, la pointe Notre-Dame a fait l'objet d'une acquisition par le Conservatoire du littoral, tandis que le domaine de la presqu'île est soumis au régime des sites classés.

Conclusion

Dans les souhaits, les démarches, les actions et les mesures de sauvegarde et de protection du massif des calanques, on a eu, jusqu'à présent, trop tendance à laisser pour compte la partie marine ; cet article n'a pas d'autre ambition que de faire mieux connaître ces richesses ignorées ou négligées, dont la destinée doit être intimement liée à celle de la partie terrestre.

Comme on l'a vu, les arguments abondent dans ce sens et souvent même le domaine marin n'a rien à envier au domaine terrestre.

Au plan architectural et topographique, on retrouve les mêmes reliefs tourmentés et vertigineux qui se poursuivent sous le miroir des eaux en chaos et éboulis de rochers, en grottes, en surplombs et tombants qui se perdent, par paliers successifs, dans le bleu des abysses. Et dans ce décor, tandis que la vie terrestre clairsemée s'accroche et essaye de survivre sur les rochers dénudés par les incendies et les eaux de ruissellement, la vie marine, au contraire, s'épanouit et montre même, par endroit, une incroyable exubérance de formes et de couleurs.

Parmi les richesses biologiques, il convient de placer l'herbier de posidonies, malheureusement en voie de dégradation dans de nombreuses calanques, les peuplements du coralligène, d'une valeur exceptionnelle par

LE COSINA

Créé en 1965 par Paul Rouaix (*), le Comité de défense des sites naturels (COSINA) se fixe pour objectif la protection du milieu exceptionnel des calanques ; mais son action s'est généralisée, depuis, à la défense des sites naturels menacés de la région.

Outre des activités qui lui sont propres comme l'établissement d'une carte foncière des calanques, le COSINA œuvre aux côtés d'organismes tels que l'Office National des Forêts, la Commission Départementale des Sites, le Service des Espaces Verts de la ville de Marseille, le Club Alpin Français, la Fédération française des sociétés de protection de la nature...

Le COSINA engage des actions de sensibilisation aux menaces qui pèsent sur les calanques : opération "propreté" à Sugitton ou à En-Vau, de reboisement (mille arbres plantés chaque année). Il intervient également avec succès contre de nombreux projets notamment d'exploitation des lieux à des fins touristiques et, le 29 août 1975, le site des calanques est classé dans son intégralité. L'année suivante, c'est au tour du domaine public maritime sur une frange de 500 mètres bordant les calanques.

Cette mesure est certes importante mais elle est insuffisante : le COSINA poursuit sa lutte pour obtenir une protection plus complète du massif des calanques par la création d'une réserve naturelle étendue au domaine marin, qui recèle des richesses souvent insoupçonnées, ainsi qu'en témoigne l'étude du P' Henry Augier. ■

Mme Barbier, docteur ès-sciences, secrétaire du COSINA

(*) Depuis 2 ans, M. Paul Rouaix est président honoraire du COSINA. M. Morizot en est le président en titre et le D' Fouquet, le secrétaire général.

leur variété et toute les populations de poissons et de crustacés également menacées dans certains secteurs. Parmi les espèces à protéger impérativement, citons le mérou *(Epinephelus guaza)* et le corail *(Corallium rubrum)* qui se raréfient de façon dramatique sur nos côtes, mais aussi la nacre *(Pinna nobilis)*, le violet *(Microcosmus sulcatus)*, la dentelle de Neptune *(Retepora cellulosa)*, la liche *(Trachynotus glaucus)*, le corb *(Ichnius umbra)* et, bien sûr, la posidonie *(Posidonia oceanica)*, la zostère *(Zostera noltii)* et la caulerpe *(Caulerpa prolifera)*.

Le massif des calanques recèle aussi une variété, rarement atteinte ailleurs, de grottes sous-marines d'intérêt biologique, hydrologique et archéologique d'un caractère tout à fait exceptionnel.

La valeur des fonds marins du massif des calanques réside également dans son patrimoine archéologique qui est loin d'avoir été complètement exploité, malgré les richesses déjà découvertes sous forme d'épaves, de grottes préhistoriques et de gisements antiques qui ont malheureusement été sérieusement entamés par les pillages et les dégradations.

Il nous paraît par conséquent impossible de séparer le milieu marin du reste du massif, l'ensemble constituant un trésor naturel indissociable qui doit rester à l'abri de toute souillure, de toute dépradation et de tout aménagement qui provoqueraient des déséquilibres écologiques graves et par conséquent une perte irremplaçable pour notre patrimoine national.

En guise de conclusion, je formulerai donc un souhait, celui de voir le massif des calanques s'intégrer globalement au projet actuel de création d'un parc naturel régional en région Provence-Alpes-Côte d'Azur et j'ajouterai que ces mesures de sauvegarde, qui s'adressent à un des sites les plus prestigieux de France, devraient être mises en œuvre dans les plus brefs délais. ■

Henry Augier

Bibliographie

Les références bibliographiques concernant la pollution de Cortiou n'ont pas été toutes reproduites ici.

Arnoux A., Bellan-Santini D., 1972 - Relations entre la pollution du secteur de Cortiou par les détergents anioniques et les modifications des peuplements de *Cystoseira stricta, Journ. étud. pollut., Comm. Intern. expl. sci. mer Médit. :* 121-123.

Arnoux A., Gilles G., Auclair D., 1974 - Indice de pollution chimique dans les sédiments de la zone de rejet en mer d'un effluent urbain (Marseille). *Bull. soc. pharm. ouest,* 16 : 385-392.

Augier H., 1976 - Excursion sous-marine au cap Croisette. Guide écologique de la France. *Sélection du Reader's Digest, Edit., Paris :* 460-462.

Augier H., 1979 - Le milieu marin est débordé. *Environ. et cadre de vie, minist. Environ. Edit. Paris :* 26-27.

Augier H., Boudouresque C.F., 1971 - Notions d'Ecobiocénotique marine. *Centre rég. docum. pédag. Edit. Marseille :* 109 p.

Augier H., Gilles G., Ramonda G., 1978 - Recherche sur la pollution mercurielle du milieu maritime dans la région de Marseille (Méditerranée, France). 1. degré de contamination par le mercure de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* Delile, à proximité du complexe portuaire et dans la zone de rejet du grand collecteur d'égouts de la ville de Marseille. *Environ. Pollut. G.B.,* 14 : 269-286.

Augier H., Gilles G., Ramonda G., 1979 - Recherche sur la pollution mercurielle du milieu maritime dans la région de Marseille (Méditerranée, France). 3. Degré de contamination des Echinodermes récoltés dans l'herbier de posidonies à proximité du complexe portuaire et dans la zone de rejet du grand collecteur d'égouts de la ville de Marseille *Environ. Pollut. G.B.,* 18, 3 : 179-186.

Augier H., Gonzales M., Astier J.-M., Bailleux B., 1983 - La vie sur les fonds marins. Peuplements benthiques méditerranéens ; littoral Provence-Côte d'Azur. *Centr. nation. docum. péd., Paris :* 212 p.

Augier H., Robert P., 1981 - Sur la présence de *Caulerpa prolifera* (Forsskal) Lamouroux (Algue Bryopsidophycée) dans les îles d'Hyères et sur sa signification bioclimatique et écologique. *Trav. sci. parc nation. Port-Cros,* 7 : 119-128.

Bellan-Santini D., 1966 - Influence des eaux polluées sur la flore et la faune marines benthiques, dans la région marseillaise. *Techn. sci. munic.,* 61, 7 : 285-292.

Belsher T., 1974 - Conséquence des effets d'un égout urbain, en fonction de l'éloignement de la source de pollution, sur les peuplements photophiles de mode battu (fraction algale) ; premiers résultats. *Bull. soc. phycol. Fr.,* 19 : 158-163.

Benoit F., 1956 - Epaves de la côte de Provence, typologie des amphores. *Gallia,* 14, 1 : 25-34.

Blanc J.-J., 1950 - Découverte de l'Aptien au Grand Congloué, archipel de Riou, Marseille. *C.R. som. Séances Soc. géol. Fr. :* 272-274.

Blanc J.-J., 1953 - Premiers résultats des recherches sédimentologiques de la Calypso et de la station marine d'Endoume, à l'archipel de Riou (Marseille). *Bull. Soc. géol. Fr.,* 111, 1-3 : 133.

Blanc J.-J., 1953 - Hydrodynamique et sédimentation des fonds des calanques. C.R. Acad. sci., Paris, 237 : 1173-1175.

Blanc J., 1957 - Observations sédimentologiques sur le littoral rocheux à l'est de Marseille. *Rev. inst. Fr. pétr. et Ann. Comb. liq,* 7, 4 : 411-420.

Blanc J., 1975 - Recherches de sédimentologie appliquée au littoral rocheux de la Provence. *C.N.E.X.O. Edit. :* 164 p.

Bossy G., Angelvin C., 1980 - Recherche de ressources nouvelles, la rivière souterraine de Port-Miou. Dans : "La distribution de l'eau à Marseille, avec une grande entreprise régionale, la Société des eaux de Marseille". *Techn. eau et assain.,* 402-403 : 122-123.

Bourcier M., 1968 - Etude du benthos du plateau continental de la baie de Cassis. *Rec. Trav. st mar. Endoume, Marseille,* 44, 60 : 64-108.

Chardonnet J., 1948 - Les calanques provençales, origine et divers types. *Ann. géogr. fr.,* 308 : 18-26.

Chouteau J., 1956 - Port-Miou. *Neige et Glace,* 305 : 54.

Club Alpin Français, 1960 - Les Calanques. *Frezet Edit. Marseille :* 48 p.

Corroy G., 1950 - Nos calanques. *Marseille,* 7 : 19-26.

Corroy G., Gouvernet C., Chouteau J., Sivirine A., Gilet R., Picard J., 1958 - Les résurgences sous-marines de la région de Cassis et de la Fontaine-de-Vaucluse. Résultats scientifiques des explorations de 1955 et 1956. *Bull. Inst. océan. Monaco,* 1131 : 35 p.

De Gaillande D., 1967 - Monographie des peuplements benthiques d'une calanque des côtes de Provence : Port-Miou. *Rec. trav. st. mar. Endoume, Marseille,* 44, 60 : 358-401.

De Gaillande D., Lagardère J. — P., 1966 - Description de *Callianassa (Callichirus) lobata* nov. sp. (Crustacea, Decapoda, Callianassidae), *Rec. trav. st. mar. Endoume, Marseille,* 56, 40 : 34-37.

Feldmann J., 1937 - Végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albères. *Rev. algol.,* 10 : 1-339.

Gilet R., 1956 - Note sur la thermométrie de la calanque de Port-Miou. *Rec. trav. st. mar. Endoume, Marseille,* 18, 11 : 97-104.

Jupp B.P., 1977 - The effects of organic pollution on benthic organisms near Marseille. *Intern. J. Environ. St.,* 10 : 119-123.

Laborel J., 1961 - Contribution à l'étude directe des peuplements benthiques sciaphiles sur substrat rocheux en Méditerranée. *Rec trav. stat. mar. Endoume, Marseille,* 33, 20 : 117-173.

Laborel J., 1961 - Le concrétionnement algal "coralligène" et son importance géomorphologique en Méditerranée. *Rec. trav. st. mar. Endoume, Marseille,* 23, 37 : 37-60.

Laborel J., Vacelet J., 1959 - Les grottes sous-marines obscures en Méditerranée. *C.R. Acad. sci. Paris,* 248 : 2619-2621.

Laborel J., Vacelet J., 1960 - Répartition bionomique du *Corallium rubrum* Lamarck, dans les grottes et falaises sous-marines. *Rapp. proc. verb. C.I.E.S.M.,* 16, 2 : 465-469.

Leung Tack Kit D., 1974 - Répartition de la faune marine installée sur le substrat rocheux au débouché des eaux résiduaires de la ville de Marseille (France). *Congr. assemb. plen. comm. int. Et. sci. Médit. :* 3 p.

Magne F., 1952 - La végétation marine du Grand Congloué. *Res. Sci. Campagnes Calypso,* 2 : 34-38.

Martel E.A., 1907 - La résurgence de Port-Miou. *Ann. hydraul. agric.,* 36 : 4-6.

Martel E.A., 1928 - La France ignorée. 1 : 99 et 125.

Meinesz A., 1973 - Répartition de *Caulerpa prolifera* (Forsskal) Lamouroux sur les côtes continentales françaises de la Méditerranée. *Thétys,* 4, 4 : 843-858.

Meinesz A., 1980 - Contribution à l'étude des Caulerpales (Chlorophytes). *Thèse doct. Et. Univ. Nice :* 262 p.

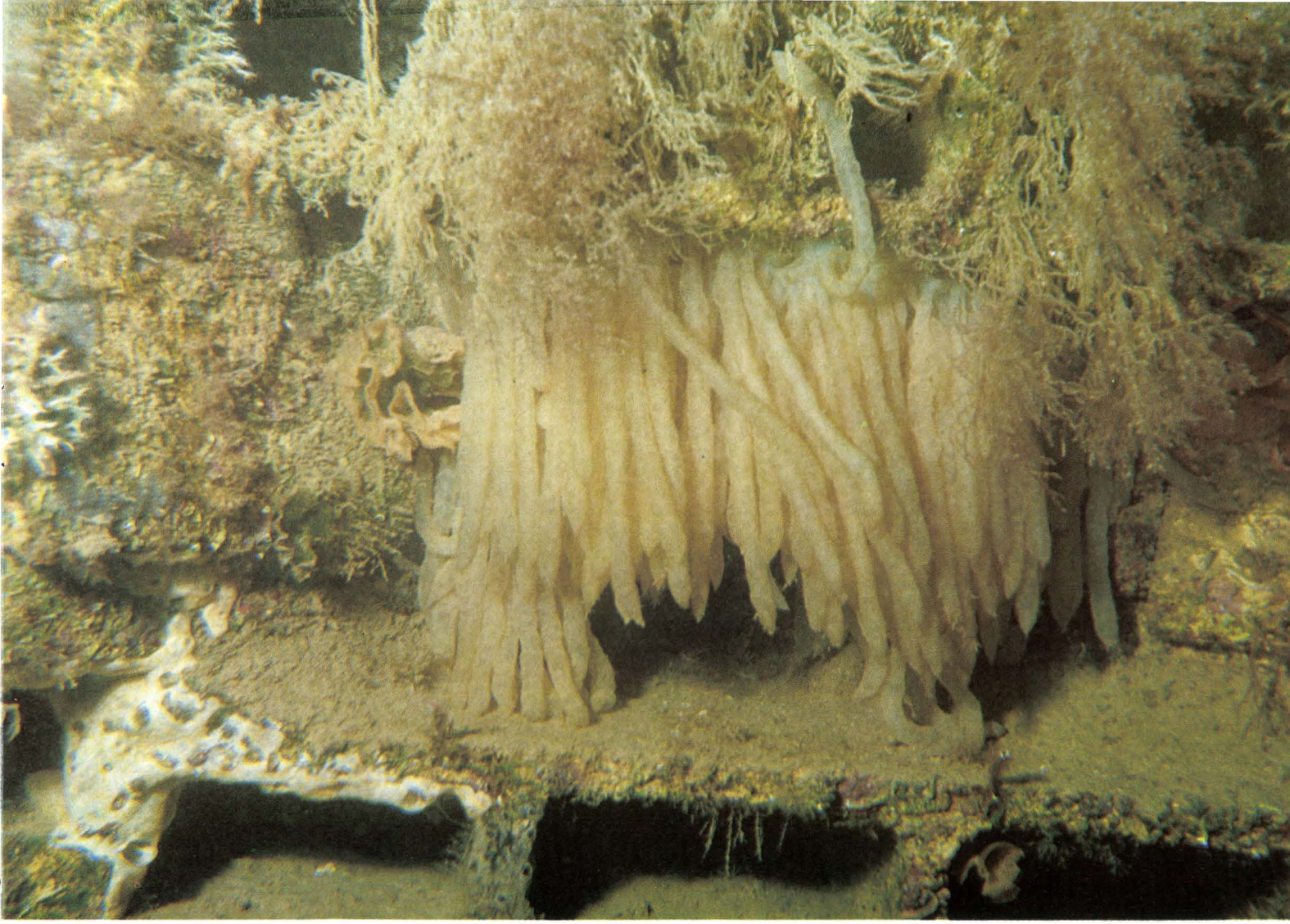
Pérès J.-M., Picard J., 1949 - Notes sommaires sur le peuplement des grottes sous-marines de la région de Marseille. *C.R. Som. séances soc. biog.,* 26 : 227.

Pérès J.-M., Picard J., 1951 - Note sur les fonds coralligènes de la région de Marseille. *Arch. zool. exp. et gén.,* 88 : 12-18.

Picard J., 1954 - Notes de plongée sur le tombant Est de l'île Maïre. *Rec trav. st. mar. Endoume, Marseille,* 13 : 21-24.

Poizat C., 1969 - Le débouché des calanques entre Marseille et La Ciotat : étude des peuplements et des sédiments. *Rec. trav. st. mar. Endoume, Marseille,* 45, 61 : 367-436.

Rebuffat G., 1954 - Calanques. *Arthaud Edit. Paris : 28 p.*



La réserve sous-marine de Monaco laboratoire naturel ouvert aux chercheurs

Une superficie d'une cinquantaine d'hectares pour un périmètre d'environ deux kilomètres, une profondeur de deux à trente-cinq mètres, telles sont les principales caractéristiques de la réserve sous-marine. Créée, en 1976, à l'initiative de S.A.S. le prince Rainier III, elle est gérée par l'Association monégasque pour la protection de la nature dont M. Eugène Debernardi est le président.

La réserve naturelle a pour objectifs essentiels la protection de l'unique herbier de Posidonies existant sur le littoral de la Principauté et la reconstitution du stock des animaux et végétaux dont le nombre et les espèces avaient diminué depuis plusieurs années dans le secteur. C'est, en effet, la présence dans les eaux côtières monégasques d'une prairie de phanérogames marines d'une quinzaine d'hectares qui a déterminé le choix de la zone à protéger.

Ces types d'herbiers, rappelons-le, jouent un rôle considérable dans la vie marine : ils constituent une biocoenose comprenant plus d'un millier d'espèces différentes ; ils sont des lieux de frai et de ponte, une source importante d'oxygénation de l'eau (1)...

Illustration ci-dessus : Ponte de calmars sur un récif artificiel (ph. Jean-Pierre Giordano).

Par ailleurs, ils sont précieux pour assurer la stabilité des plages, car leurs rhizomes fixent le substrat sableux ou sablo-vaseux.

Ajoutons qu'en Méditerranée occidentale, il est d'autant plus nécessaire de protéger les herbiers qu'ils sont, d'une part, situés à la limite nord de l'extension géographique de l'espèce et, d'autre part, à des profondeurs (cinq à trente mètres) qui les exposent à de multiples agressions engendrées par des activités humaines (domestiques, industrielles et touristiques) importantes.

La sauvegarde de l'herbier de la Principauté a été organisée juridiquement et matériellement : une réglementation très stricte interdit dans cette zone toute évolution de bateaux à moteur, le mouillage d'ancres et la pêche sous toutes ses formes ; quarante-deux bouées coniques jaunes, autant de bouées intermédiaires et mille mètres de câble nylon ont été mis en place pour délimiter la réserve par un système visuel clair et précis.

D'autre part, le périmètre de l'herbier a été lui-même délimité par une série de balises numérotées, fixées sur le fond par des tiges d'acier. Ce qui permet de suivre et de contrôler régulièrement l'évolution de cette prairie.

Certes, il est encore prématuré de tirer les premières conclusions de cette expérience, en raison de la croissance très lente des rhizomes de ces plantes (quelques centimètres par an).

Toutefois, il est possible d'affirmer que les efforts entrepris depuis plus de six années ont supprimé en grande partie les graves atteintes dont l'herbier était victime, et notamment les dommages causés par les ancres de navire et les arts traînants.

La régénération de la faune, que nous souhaitions, s'est réalisée naturellement en raison essentiellement de l'interdiction de la pêche qui a permis aux reproducteurs de jouer pleinement leur rôle.

Depuis quatre ans, le nombre d'espèces sédentaires (sars, labres, mulets, dorades...) s'accroît régulièrement. Plusieurs bancs de juvéniles ont été repérés et font l'objet d'un suivi permanent par les plongeurs de l'Association, de la Police maritime et des carabiniers.

Parallèlement aux actions de régénération, nous avons été amenés, bien entendu, à engager des opérations d'implantation d'espèces ayant pratiquement disparu dans ce secteur depuis une dizaine d'années tels que les nacres (Pinna nobilis) et les homards (Homarus vulgaris).

Demeuraient à offrir à la faune et à la flore des possibilités d'habitat accrues et différenciées afin de maintenir dans les meilleures conditions un grand nombre d'espèces dans la réserve sous-marine.

A la lumière d'expériences tentées en faveur du développement de la pêche côtière, nous avons établi un programme de construction de récifs artificiels sous-marins. Le rôle essentiel de telles structures est d'apporter un support aux organismes susceptibles de se fixer, d'offrir à certains poissons des refuges les protégeant de leurs prédateurs, de favoriser la reproduction et la ponte de certains animaux, de pourvoir à une partie de leur nourriture.

"Les efforts entrepris depuis plus de six années, ont supprimé en grande partie les graves atteintes dont l'herbier était la victime"

C'est ainsi que commencèrent dès 1977, les premiers travaux d'immersion de trois récifs en enrochements naturels d'un poids unitaire de 100 tonnes immergés à des profondeurs variant de 28 à 35 mètres ; de deux récifs constitués d'éléments en béton vibré (hourdis alvéolaires) d'un poids unitaire de 15 tonnes immergés à 22 mètres en bordure de l'herbier de Posidonies, et d'un récif en poteries vernissées (5 tonnes) placé à 20 mètres de profondeur, à la limite inférieure de l'herbier.

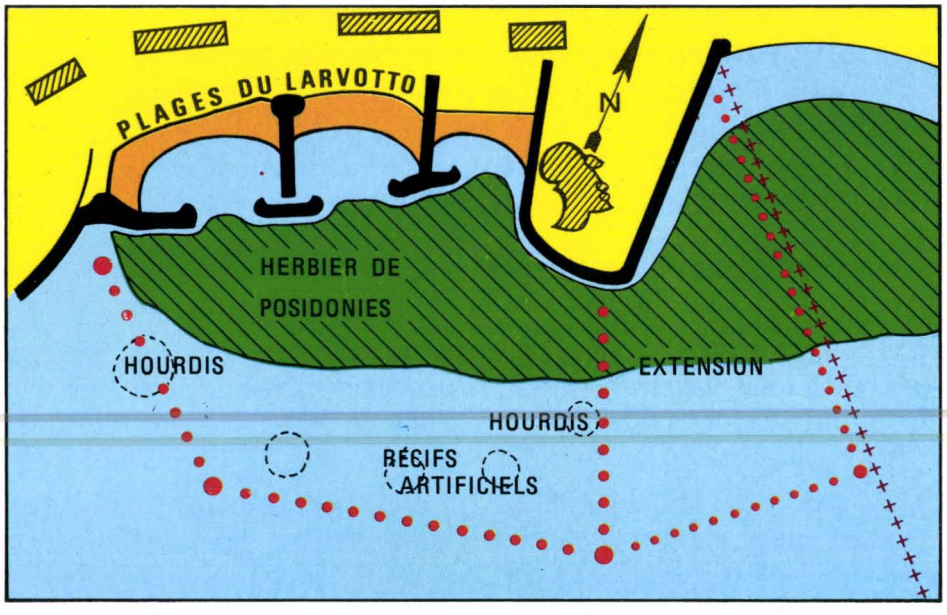
Mais, l'immersion de ces matériaux a posé quelques problèmes, notamment par les moyens de transport sur le site qu'ils ont nécessités et les nombreux plongeurs engagés pour le regroupement des hourdis en tumulus.

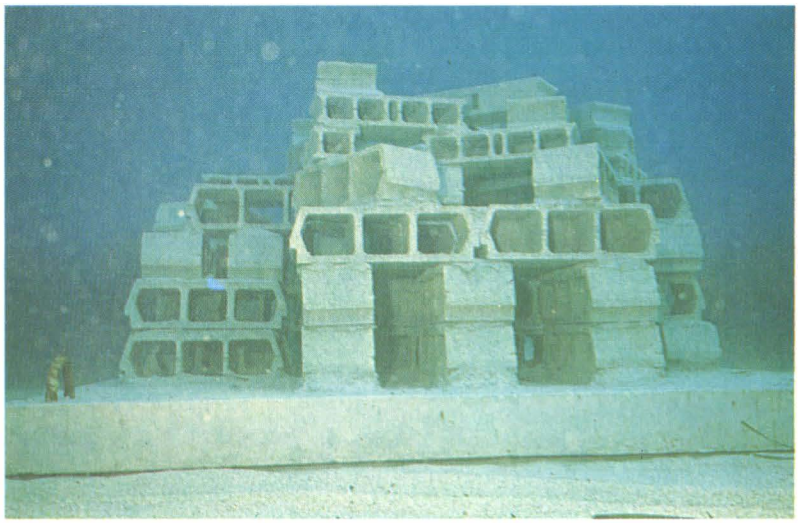
Aussi, pour remédier à ces inconvénients, nous avons imaginé de réaliser des structures mettant en œuvre des hourdis alvéolaires scellés les uns aux autres et empilés sur des dalles de béton armé. Ces récifs de trois modèles différents ont été construits à terre et immergés sur les points choisis à l'aide, soit d'un hélicoptère, soit d'un chaland équipé d'une grue.

Deux récifs, d'un poids unitaire de sept tonnes (type D1), sont constitués d'une dalle en béton sur laquelle reposent 200 hourdis formant une pyramide de 1,50 m de hauteur. Ces structures, qui offrent 600 cavités disponibles, ont été immergées le 29 juin 1979 à des profondeurs de 8 et 30 mètres.

(1) Voir Revue n° 4 de la Fondation océanographique Ricard, article de Jean-Marie Astier et Philippe Tailliez, page 14 et Revue n° 5, article de Nardo Vicente en page 55.

Schéma montrant l'implantation primitive de la réserve et l'extension réalisée depuis.



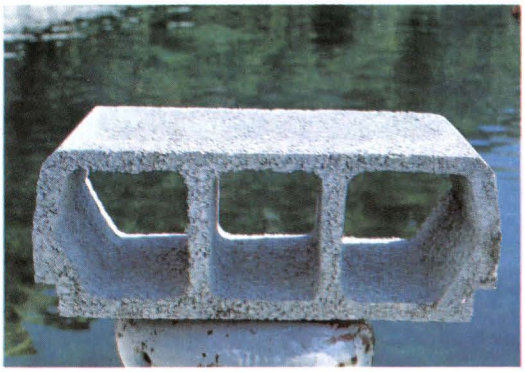


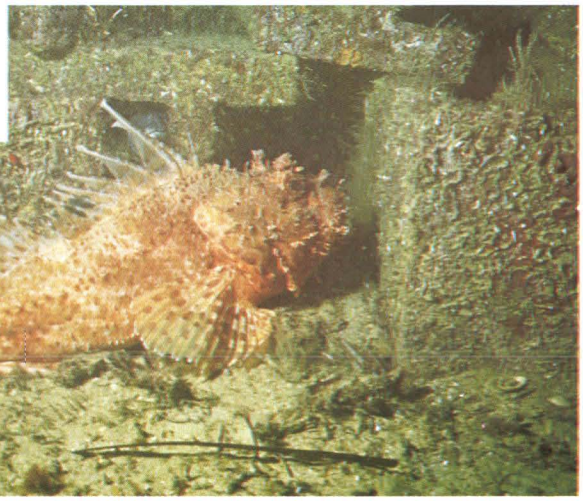
L'immersion de certains récifs a été effectuée par hélicoptère. Le décrochage de chacun d'eux a nécessité l'intervention d'un plongeur guidé par radio. Aucune opération de l'espèce n'avait, à notre connaissance, été tentée à ce jour. Sa rapidité d'exécution et son coût relativement peu élevé offrent des possibilités nouvelles et intéressantes pour ce type d'immersion.

Récif alvéolaire fixé sur une dalle de béton.

Elément en béton vibré (hourdi alvéolaire). ▶

Exemples de colonisation par divers organismes marins et notamment (nos documents) une langouste, des rascasses et des vers tubicoles. ▼





Seize nouveaux récifs (type D3), plus petits, ont été mis à l'eau le 11 septembre 1980 sur une superficie d'environ 500 mètres carrés.

D'un poids unitaire de 500 kilos, ils comptent trente hourdis assemblés pour former sur trois niveaux une galerie centrale et deux galeries transversales assurant une circulation d'eau convenable.

Enfin, trois récifs artificiels (type D2) de 10 tonnes chacun ont été mis en place le 18 mai 1981, à moins quatorze, moins vingt-deux et moins trente-deux mètres suivant une radiale nord-est - sud-est perpendiculaire à la ligne de pente du plateau continental.

Ceci afin de permettre l'étude comparative de la colonisation des récifs en fonction de leur profondeur d'immersion.

A l'issue de deux campagnes réalisées en 1980 et 1981, ces scientifiques ont pu étudier et comparer la colonisation de trois types de structures : hourdis alvéolaires assemblés en plongée, blocs de pierre de carrière, récifs alvéolaires préfabriqués à terre.

Les premières conclusions des travaux ont été consignées dans une communication dont voici un extrait : *"Le « rendement » des hourdis alvéolaires comme substrat artificiel pour l'implantation de « benthos fixé » semble bon, comme le confirme l'examen détaillé, effectué en laboratoire, de deux éléments prélevés sur un récif de hourdis assemblés en plongée en 1977, à environ 20 mètres sur un fond de vase.*

Le nombre d'espèces qui se sont fixées sur ce matériau, en trois ans, est très élevé. Même si, compte tenu des différents modes d'échantillonnage, il n'est pas possible de faire une comparaison directe avec les peuplements des autres structures, ces éléments apparaissent bien recouverts d'organismes et relativement peu sensibles au dépôt de sédiments.

Les diverses ouvertures qui les traversent créent des zones d'exposition variable à la lumière et permettent une bonne circulation de l'eau à l'intérieur, alors que la rugosité des faces favorise la fixation d'organismes.

Les blocs de pierre de carrière, peut-être à cause de leur emplacement différent, apparaissent recouverts d'une importante couche de limon ; leur conformation, de plus, fait qu'un récif construit avec ce matériau est moins riche en cavités que celui construit avec des hourdis. En outre, leur poids élevé rend impossible leur regroupement sous l'eau.

Les unités de récifs alvéolaires construits, sont sans doute les structures les plus intéressantes parmi celles immergées dans la réserve. Non seulement elles sont riches en trous, galeries et refuges mais, de plus, leur large base d'appui et leur relative légèreté (7 tonnes sur environ 7,5 m²) limitent beaucoup l'enfoncement sur les fonds mous. En outre, leur hauteur les met suffisamment à l'abri des sédiments.

L'évolution du peuplement sur deux structures de ce type, immergées à huit et trente mètres de profondeur, apparaît très différente. A huit mètres, après un an d'immersion, le recouvrement des algues photophiles était pratiquement terminé. Par contre, à trente mètres, cette composante manquant, la structure est apparue assez dépouillée, le peuplement étant caractérisé par la présence abondante de "Polychètes Filograna sp*".*

Au cours de la deuxième campagne de prélèvement, en mai 1981, la première structure avait un aspect très similaire (hormis les différences saisonnières) à celui de l'année précédente : à trente mètres, au contraire, les "Polychètes Filograna*" montraient une tendance à la régression et le peuplement dans son ensemble semblait plus abondant et plus varié.*

Aux nombreuses espèces de Porifères, Hydrozoaires, Bryozoaires, Polychètes et Mollusques qui ont élu domicile sur les récifs, il faut ajouter des Poissons tels que : rascasses (Scorpaena porcus), *chapons* (Scorpaena scrofa), *murènes* (Murena helena), *congres* (Conger conger) *et serrans* (Serranus cabrilla).

D'autres, évoluant au-dessus de l'herbier, viennent fréquemment à proximité des structures. Ce sont en particulier des sars (Diplodus sargus), *des castagnoles* (Chromis chromis), *des oblades* (Oblada melanura) *et divers labridés tels que les girelles* (Coris julis) *ou les labres verts* (Labrus turdus *et* Labrus merula).

De plus, de nombreuses langoustes s'accommodent apparemment bien de la proximité de leurs prédateurs habituels : congres, murènes et céphalopodes".

"Le nombre d'espèces qui se sont fixées sur certains récifs, en trois ans, est très élevé"

Sur chacune des dalles en béton ont été assemblés suivant une implantation octogonale deux cents hourdis alvéolaires comportant chacun trois trous, soit un total de six cents cavités qui aboutissent à un puits central d'un mètre carré de section. L'ensemble s'élève à une hauteur de deux mètres.

Ces réalisations présentent l'avantage de créer à l'intérieur du puits, une zone d'ombre susceptible d'une colonisation différente de celle rencontrée sur les facettes extérieures soumises à l'action des courants, et recevant une plus grande quantité d'énergie sous forme de lumière.

De plus, la partie supérieure de ce type de récifs est démontable : ce qui permet de retirer ces hourdis pour examen en laboratoire.

La colonisation des récifs par des espèces animales et végétales s'est faite d'une manière différente en fonction notamment de la période d'immersion, de la profondeur et de leur orientation par rapport aux courants côtiers.

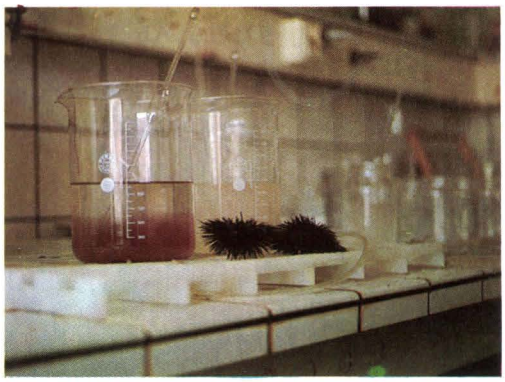
C'est ce qui ressort, entre autres, des observations effectuées par une équipe de chercheurs de l'université de Gênes, placée sous la conduite du professeur Michele Sarà, directeur de l'Institut de zoologie.

L'expérience tentée dans la réserve sous-marine de Monaco intéresse des chercheurs de plus en plus nombreux, en particulier des facultés des sciences de Nice et de Gênes. D'autre part, à plusieurs reprises, ont été accueillis des scientifiques attachés aux universités de Marseille, Paris et Heidelberg (Allemagne Fédérale).

Ainsi que nous le souhaitons, notre projet d'extension, qui doublera la superficie de la zone expérimentale, devrait affirmer plus encore la réserve sous-marine de Monaco comme un véritable laboratoire sous-marin dont l'exemple mériterait d'être suivi en d'autres secteurs de la Méditerranée ■

Eugène Debernardi

Comment réaliser chez soi un élevage d'oursins par fécondation artificielle ?



C'est ce que propose Pierre Escoubet, chef du département "Aquariums" de la Fondation océanographique Ricard.

"L'obtention des premiers stades du développement embryonnaire, *résume-t-il*, ne pose pratiquement pas de problèmes, la suite nécessite un peu plus de soin".

De très nombreuses espèces animales sont actuellement conservées, avec plus ou moins de réussite, en aquarium. Parmi les invertébrés qui peuplent nos côtes, on trouve les oursins. Ils appartiennent à l'embranchement des Echinodermes qui comprend également : les Comatules ou Antédon, les Holothuries, les Etoiles de mer et les Ophiures.

De manière générale, les oursins sont caractérisés par un corps rond, globuleux, plus ou moins déprimé, et surtout par la présence de nombreux piquants les protégeant. On distingue les oursins irréguliers qui vivent sur des fonds sablo-vaseux, se nourrissant de microorganismes, et les oursins réguliers qui peuplent plus couramment les côtes rocheuses et les herbiers. La principale espèce méditerranéenne d'oursin régulier est le *Paracentrotus lividus* qui jouit d'une réputation plus gastronomique qu'aquariophile.

Attractifs par la diversité de leurs couleurs et résistant assez bien en aquarium, surtout à l'état juvénile, mais gros dévoreurs de plantes ou d'algues à l'état adulte, les oursins se prêtent bien à des tentatives d'élevage en aquarium, grâce aux nombreuses études qui ont été réalisées sur leur développement.

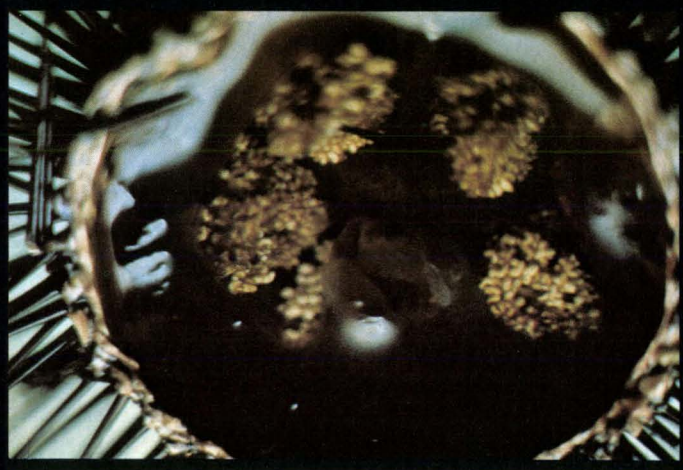
Si ces animaux vivent sur le fond (benthos), ils possèdent un stade de vie planctonique, c'est-à-dire qu'ils nagent en pleines eaux. La fécondation se réalise grâce à l'émission de gamètes dans le milieu extérieur car les sexes sont séparés.

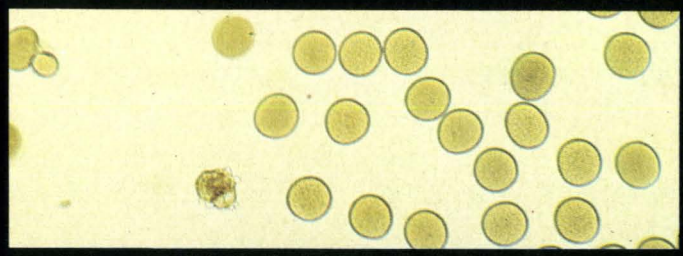
La conduite de cet élevage, du stade *blastula* (stade larvaire obtenu par la fragmentation — segmentation — de l'œuf) jusqu'à la fin des stades *echinopluteus* *, nécessite une quantité importante d'eau de mer, de la nourriture végétale planctonique. Il faut ajouter un quart d'heure de manipulation par jour en moyenne et ce, durant les deux à trois mois représentant les stades de vie planctonique de l'oursin. Ensuite, l'oursin se métamorphose en un jeune animal qui va se développer lentement en broutant les algues du bac.

Préparation de l'eau

Il est nécessaire de préparer une quantité suffisante d'eau de mer pour pouvoir conduire l'élevage avec la même eau, les quatre à cinq premières semaines.

(*) Stade larvaire ultime mis en place par le développement des différentes parties de l'organisme, et qui tombera sur le fond pour se fixer après métamorphose.

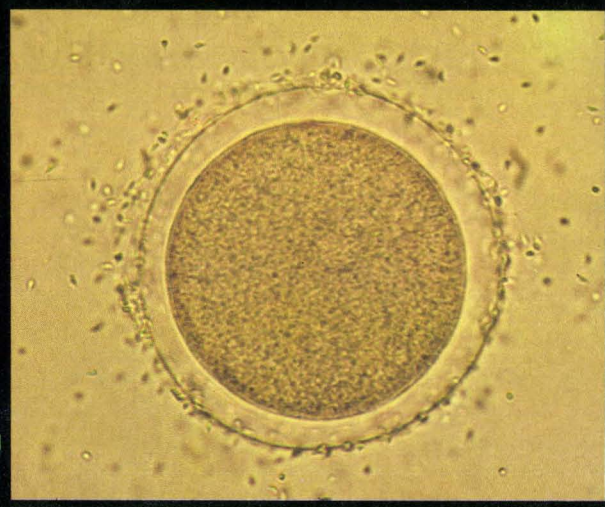




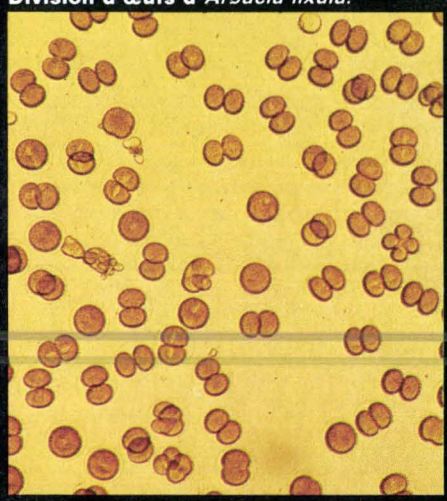
Oursin femelle *(Arbacia lixula)* **(les gonades, ici, sont rouge brique) et ovules de** *Sphaerichinus granularis* **(× 100).**

Œuf reconnaissable à la membrane de fécondation qui s'est décollée de la masse centrale. ▶

Oursin mâle ouvert *(Arbacia lixula)* **et spermatozoïdes (× 1100).**



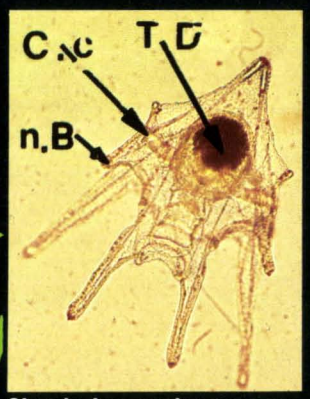
Division d'œufs d'*Arbacia lixula.*



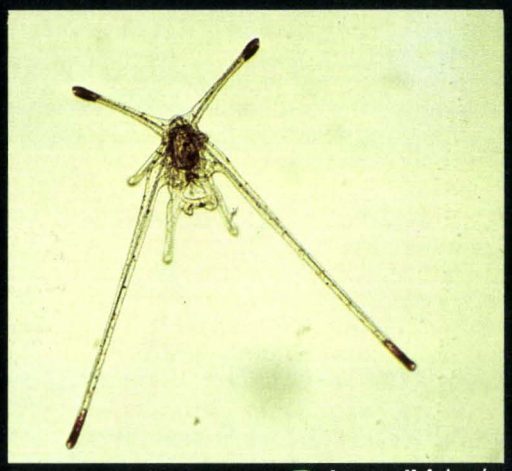
◀ Stade *gastrula :* **apparition d'une larve ciliée, nageuse et pourvue d'un tube digestif primitif.**

Quelques heures après, apparition du squelette primitif.

Larve affamée : le tube digestif est vide. Larve à nourrir le plus rapidement possible.



Cinq à six semaines : apparition des 7° et 8° bras. Nb : nouveau bras ; cc : couronne ciliée ; td : tube digestif plein.



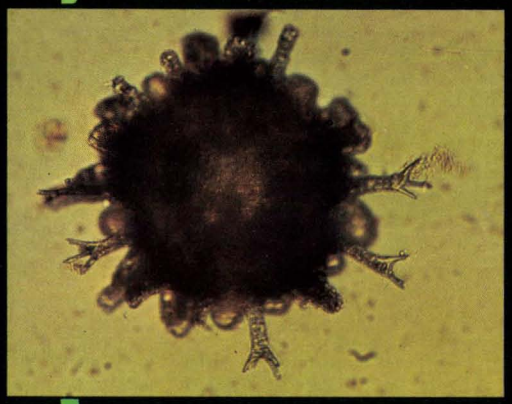
Larve d'*Arbacia*.

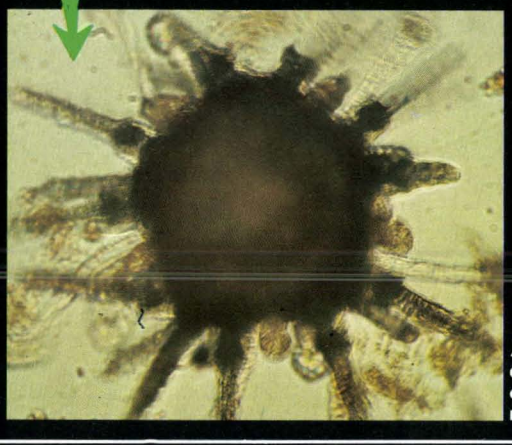
Huit semaines : la larve s'est arrondie et va se métamorphoser.

Métamorphose d'*Arbacia* : comme chez les autres espèces, apparition, en premier, des pieds ambulacraires, qui vont permettre à l'animal de s'aggripper sur le sédiment et de se déplacer à l'abri de la prédation.

Larve aberrante de *Paracentrotus*.

***Paracentrotus* : suite du développement avec l'apparition des pécidellaires, éléments actifs de défense.**





Jeune *Paracentrotus* âgé de six à sept mois (2 millimètres de long).

***Arbacia* à quatre mois, quatre mois et demi. Il faut noter ici les piquants foliacés très différents des piquants longs, noirs et aigus de l'adulte.**

Cette eau de mer naturelle sera filtrée avec un filtre à mailles de 0,45 à 0,50 micron, afin d'éliminer les microorganismes qui, en se développant, pourraient attaquer les œufs et les larves.

Cette opération impose un appareillage assez important sans parler de l'obligation de prélever cette eau dans une zone propre et non polluée. Aussi, l'utilisation d'eau de mer synthétique permet-elle de résoudre ces problèmes de filtration et de prélèvements.

Après préparation ou filtration, selon la possibilité, une vingtaine de litres minimum seront conservés dans une enceinte non métallique. La densité de l'eau sera de l'ordre de 1030 et la salinité atteindra 37 à 38 grammes par litre. On peut tenter de rapprocher le plus possible les caractéristiques de son aquarium de celles de l'eau de mer si on veut y introduire les petits oursins.

L'eau sera préparée quelques jours avant le début de l'élevage, ceci pour une meilleure homogénéisation et une stabilisation convenable du milieu.

Maintenance de l'élevage

Choisir pour conduire cet élevage, un endroit où la température sera assez stable entre le jour et la nuit et, aussi, durant le développement des premiers stades larvaires. L'ensoleillement est recommandé.

Renouveler régulièrement l'eau de l'élevage. Par les soins qu'elle requiert, c'est l'opération la plus délicate et la plus importante pour la réussite d'un bon développement.

Changer l'eau deux fois par jour les soixante-douze premières heures. Ensuite, une fois par jour durant quinze jours, et puis tous les deux à trois jours, pour ne le faire qu'une fois par semaine les derniers temps.

Utiliser un filtre qui peut être réalisé avec un filet à base de soie à bluter de mailles égales à quarante ou soixante microns. Ce filet ne retiendra que les œufs et les larves et laissera passer les déchets alimentaires ou les spermatozoïdes en surnombre qui auront sédimenté sur le fond.

Verser délicatement dans le filtre, l'eau à renouveler. Si le courant est trop fort, les organismes, qui sont fragiles, vont être précipités sur le tamis, et l'entassement des uns sur les autres créera des lésions organiques importantes entraînant la mort des larves.

On risque également de colmater le filtre, ce qui rend caduc le changement d'eau. Des expériences ont montré que si l'on jette brusquement le contenu du récipient, ayant deux larves par millilitre, la population est exterminée en quinze changements d'eau, à raison d'un par jour.

Lorsque les œufs ou les larves sont sur le tamis, le rincer rapidement avec de l'eau de mer propre et nettoyer soigneusement à l'eau douce le récipient d'élevage. Puis, verser 100 millilitres environ d'eau de mer propre, et compléter en laissant écouler l'eau propre sur le filtre retourné au-dessus de ce récipient.

Fécondation

Parmi les différentes espèces d'oursins présents sur nos côtes, prélever l'espèce présentant le plus d'intérêt par sa facilité de récolte, son abondance, ses cycles sexuels étalés dans l'année, et sa maturité.

Suivant l'endroit, la saison, il n'y aura, hélas, pas souvent le choix en raison de ces critères entre *Paracentrotus lividus, Arbacia lixula, Sphaerechinus granularis* ou *Psammechinus microtuberculatus,* chaque espèce présentant des avantages et des inconvénients. Choisir des animaux de grosse taille si possible. Les ouvrir en deux à l'aide d'une paire de ciseaux, jusqu'à ce que l'on trouve un mâle et une femelle mûrs, c'est-à-dire présentant de grosses gonades fluentes. Si après avoir ouvert une douzaine d'animaux environ, la taille des gonades reste faible, il est inutile d'insister. L'époque est mal choisie.

Quand elles sont mûres, les gonades se présentent sous la forme de grosses glandes massives, très lobées. Elles s'ouvrent sur l'extérieur par un canal excréteur se terminant au pore génital.

Les gonades mâles sont blanches-jaunâtre et le liquide séminal est d'un blanc laiteux.

Les gonades femelles sont rouge-brique ou orangées, le liquide est rouge orangé.

Prélever avec une cuillère la totalité ou une partie de la gonade que l'on dépose dans 100 à 200 millilitres d'eau de mer, pour chaque sexe.

Réaliser cette opération pour les deux sexes en ayant soin de nettoyer soigneusement, entre les deux prélèvements, l'instrument qui a servi à récupérer le produit séminal.

Homogénéiser le contenu de chacun des récipients, ce qui permet de laver les gamètes.

Prélever alors environ vingt millilitres d'eau de mer avec les ovules (femelles) pour dix millilitres d'eau de mer et spermatozoïdes (mâles), que l'on mélange dans un récipient d'un litre contenant 700 à 800 millilitres d'eau de mer pure. Les spermatozoïdes sont introduits une minute après les ovules. Un nombre trop important de spermatozoïdes provoque des phénomènes de polyspermie bloquant le développement embryonnaire dès la fécondation.

Il ne faut pas surcharger le milieu en individus pour obtenir un élevage correct. En effet, ces animaux vont libérer dans le milieu des déchets de leur métabolisme, qui peuvent devenir toxiques, augmentant la mortalité naturelle.

Les vingt millilitres de liquide séminal femelle permettent d'obtenir environ 5 à 7.000 individus par litre d'eau de mer environ, ce qui est satisfaisant.

Nutrition des animaux

Pour dépasser le stade du *proechinopluteus,* afin d'obtenir les *echinopluteus* et même la métamorphose, il est impératif de nourrir les animaux dès la fin du stade *gastrula.*

L'apport de nourriture se fera dès le deuxième jour, après le changement d'eau. La taille des particules alimentaires végétales doit être de l'ordre de quatre à cinq microns. Les espèces phytoplanctoniques telles que *Dunaliella* ou/et *Pavlova* sont très profitables, mais nécessitent d'être cultivées en laboratoire. On peut utiliser les mêmes produits employés pour les élevages, au premier stade, des Artémia.

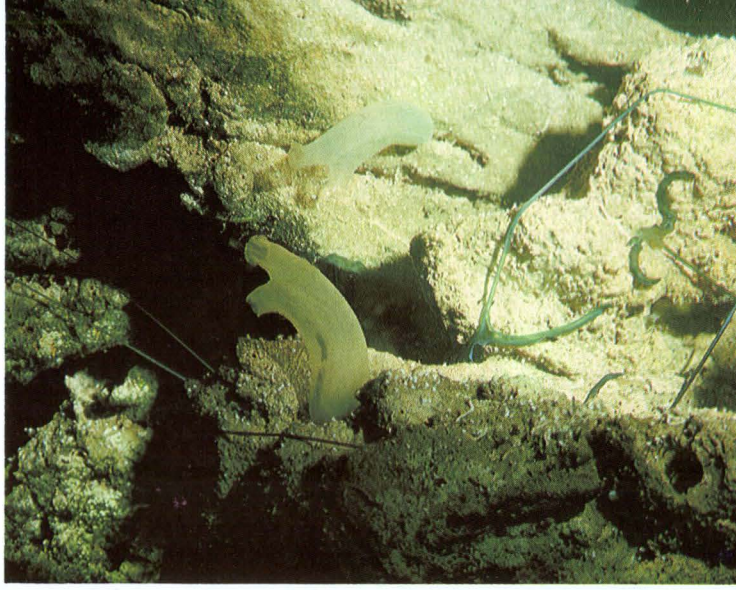
Les larves, quand elles sont nourries correctement, gardent leur estomac plein, ce qui permet de bien les visualiser dans le récipient de culture.

L'apport de culture planctonique sera supprimé quand les jeunes oursins se trouveront au fond des bacs.

Les oursins se présentent au départ comme une tâche blanche minuscule (0,45 millimètres de diamètre) mais atteindront 0,5 centimètre et plus, en trois mois. ■

Pierre Escoubet
avec la collaboration de Jean-Louis Respaud et de Marie-Pierre Caron

BONELLIE



NOM SCIENTIFIQUE : *Bonellia viridis* Rolando.

SYSTEMATIQUE : Embranchement des Vers.
Sous-embranchement des Echiurides.
Groupe des Chétopodes.
Classe des Echiuriens.
Ordre des Echimimorphes.
Genre Bonellia(1).

DESCRIPTION : Chez ces animaux existe un dimorphisme sexuel important. La femelle a un corps mou globuleux, d'un beau vert uniforme, sur lequel on discerne des papilles éparses. Le corps peut mesurer 5 à 6 cm. Il est prolongé par une trompe protractile, creusée d'une gouttière ciliée sur sa face dorsale. Elle se termine par un diverticule lobé qui permet la capture de la nourriture.

Le mâle, d'aspect larvaire, mesure de 0,5 à 2 mm de long. Il vit, avec d'autres mâles, en parasite, dans une poche incubatrice près du pore génital afin de féconder les œufs émis par la femelle.

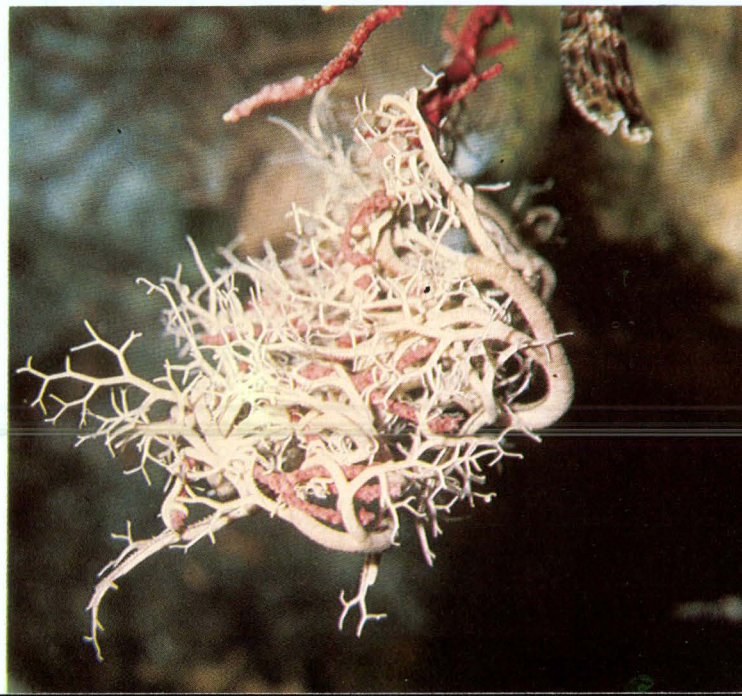
(1) De Bonelli : zoologiste italien, professeur de zoologie à Turin, 1784-1830.

HABITAT : Les Echiuriens vivent à toutes les profondeurs (jusqu'à 9000 m). Les larves, issues des œufs fécondés, mènent une vie pélagique de quelques jours. Les adultes benthiques recquièrent seulement un abri pour leur corps. Les femelles, en réalité les couples, sont dans des fentes ou anfractuosités de rocher d'où il est impossible de les extraire sans casser le bloc.

COMPORTEMENT : La vie de l'animal est conditionnée par sa trompe. En effet, c'est grâce à cet appendice qu'il peut se nourrir. Les deux lobes

ASTROPARTUS MEDITERRANEUS

Gorgonocéphale



SYSTEMATIQUE : Embranchement : Echinodermes.
Classe : Ophiuridés.
Sous-classe : Phrynophiuridés.
Famille : Gorgonocephalidae.
Genre : Astropartus.

DESCRIPTION : Une fois démêlé, l'animal présente un disque central, épais, pentagonal, de 5 à 6 cm de diamètre chez les adultes.

De ce disque, partent cinq bras qui dès leur base se divisent en deux branches. Chaque branche se divise en deux autres qui se ramifient elles aussi. On peut compter de 15 à 20 bifurcations. Le diamètre des bras diminue en même temps qu'augmentent les ramifications.

L'animal déployé peut mesurer plus de 20 cm de diamètre. La couleur est gris-rose.

récoltent sur le substrat environnant les particules alimentaires. Cette trompe peut se dévaginer et prospecter toute la surface sur un rayon de plus de 1,50 m.

Si les particules mesurent moins de 95 µm de diamètre, seuls les cils vibratiles de la gouttière les acheminent vers la gueule. Vers 150 µm, on note des contractions musculaires. Au-delà de 230-290 µm, seule l'activité musculaire fait progresser les aliments.

Durant leur parcours dans la gouttière, certaines particules (sable) peuvent être rejetées. Le site du rejet dépend de la taille des éléments.

Un animal dont la trompe a été sectionnée accidentellement peut la faire régénérer. En moins d'une semaine, on voit apparaître le début des deux lobes qui vont se développer pour atteindre la taille initiale.

REPRODUCTION : Les œufs, fécondés, sont libérés en pleine eau et après un stade de vie planctonique, les larves vont se fixer sur le substrat. Avant cette métamorphose, les animaux sont sexuellement indifférenciés. Si la larve tombe sur le substrat, elle va se développer et devenir femelle. Par contre, si elle chute à proximité, ou sur la trompe d'un adulte, elle va se transformer en mâle nain. Le déterminisme sexuel est dû à la présence d'une substance inhibitrice (hormone) de croissance et virilisante dans la trompe de la femelle. Extraite, cette hormone provoque chez des larves, la détermination artificielle du sexe. Les larves placées dans un broyat de trompe évolueront dans le sens mâle.

BIOLOGIE : La Bonellie possède, dans son épiderme, un pigment vert, la bonelline, qui offre une fluorescence d'une extraordinaire intensité. Les animaux ont une activité plutôt nocturne.

Ces animaux possèdent un mécanisme de défense chimique. En effet, même une part de Bonellie desséchée et en poudre dans 30.000 parts d'eau de mer est toxique pour de nombreuses espèces animales. Des fragments de Bonellie mélangés à de la nourriture sont refusés par les animaux à qui on présente ce régime.

AQUARIUM : De nombreux bacs possèdent une ou plusieurs Bonellies. La plupart ont été introduites après capture en plongée. Les autres sont dues à un renouvellement naturel. La ponte de ces animaux a été notée. Une Bonellie introduite le 26 août 1975 dans le bac de 1100 litres en verre collé, contenant un Mérou, nous a gratifiés de la naissance de plus d'une trentaine d'individus, avant juillet 1976. Le 4 juillet 1976, on a pu compter 30 à 40 "jeunes trompes" de moins d'un centimètre. Leur croissance a été rapide et la population est restée stable. En juillet 1977, une nouvelle population s'est développée mais moins nombreuse. Les adultes issus de la première ponte ont tous disparu en mai 1978.

Ces animaux se maintiennent bien en aquarium. Les poissons, comme le Mérou, tolèrent la présence d'une ou plusieurs trompes sur leur corps (nettoyage probable ?).

HABITAT : *Astropartus* vit en Méditerranée, dans le bassin occidental. On le trouve également en Atlantique oriental.

On le trouve à partir de -35, -40 m sur les fonds coralligènes. Il a été signalé dans l'herbier de Posidonies entre -8 et -10 m.

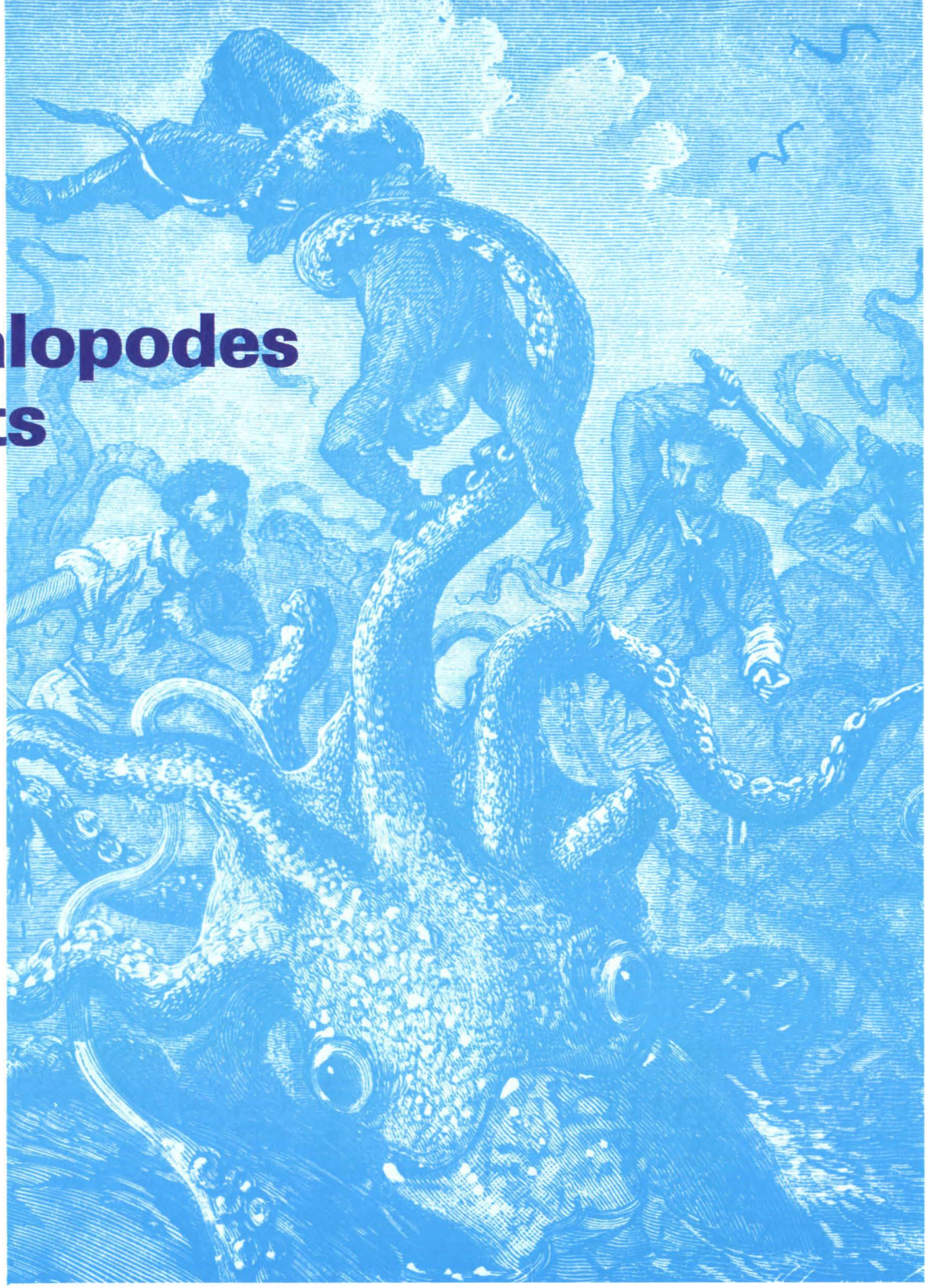
COMPORTEMENT : L'animal se trouve souvent perché sur des supports divers (le plus souvent des Gorgones, quelquefois des éponges). Il rampe à la surface su substrat pour ses déplacements.

Accroché par ses ramifications, le Gorgonocéphale capture avec les autres bras déployés en éventail les particules planctoniques nécessaires à son alimentation.

AQUARIUM : C'est un animal fragile qui est, hélas ! souvent attaqué soit par des poissons (Labridés, Sparidés), soit par des échinodermes *(Marthasterias glacialis)*.

Il exige un support de Gorgone et peut ainsi rester des jours quasiment immobile à capturer les proies animales qu'on lui apporte.

Les céphalopodes géants



"Dans la mythologie de notre temps, le poulpe géant, gardien des trésors engloutis, a pris la place du dragon médiéval".

Bernard Heuvelmans

Parmi les mollusques, les céphalopodes sont sans doute les mieux connus du grand public à cause surtout des nombreuses légendes dont ils sont auréolés. Les pieuvres, les calmars, les seiches avec leurs yeux presque humains sont devenus de véritables images d'Epinal. Chez ces animaux, les pieds que l'on appelle aussi bien des bras, sont disposés autour de la bouche. Le corps de la pieuvre (qui possède huit bras : Octopus) est massif et en forme de sac, alors que le tronc du calmar (doté de 10 bras : décapode) est allongé et a la forme d'une torpille.

Illustration ci-dessus : le capitaine Némo se battant contre le calmar (gravure extraite de *Vingt mille lieues sous les mers*) — Ph. Bibliothèque nationale (Paris).

On connaît environ 730 espèces de céphalopodes. Ce sont les plus "intelligents" de tous les mollusques, on peut même leur attribuer une certaine faculté d'apprendre. Ils sont capables de voir en relief et en couleurs, et de se faire une image nette de tous les objets qui les entourent, tellement leur œil est perfectionné. Il est équipé, en effet, de lentilles mobiles, d'une cornée, d'un iris et d'un corps vitré.

Chez certains céphalopodes des profondeurs, les yeux représentent 40 % du poids total du corps. Ces informations sont apportées par les cachalots. Dans l'estomac de l'un d'entre eux on a trouvé un œil de céphalopode dont le diamètre atteignait 40 cm !

Les céphalopodes sont des animaux plutôt familiers et timides, aussi le plongeur n'a pas à redouter leur rencontre. En tout état de cause, c'est le plus souvent la pieuvre qu'il rencontrera et elle est pour le plongeur un charmant compagnon de balade sous-marine.

Quant aux espèces géantes, il ne les rencontrera jamais car elles vivent dans les grands fonds marins. Ce sont elles qui ont peuplé nos rêves d'enfant et qui font l'objet d'histoires plus ou moins rocambolesques. La simple idée d'un contact avec les nombreuses ventouses portées par les bras de ces animaux donne le frisson à la plupart d'entre nous. Cette frayeur n'est pas tout à fait injustifiée quand on songe que le diamètre de ces ventouses peut atteindre jusqu'à quatre centimètres chez les céphalopodes à huit bras, et jusqu'à vingt centimètres chez ceux à dix bras.

Cependant, on n'a encore jamais capturé de céphalopodes possédant de telles dimensions. Ce sont les cicatrices parfois observées sur la peau de cachalots harponnés, qui conduisent à de telles conclusions. Ces mammifères marins se nourrissent, en effet, de grands calmars, et, sans doute, des combats violents doivent avoir lieu entre ces grands monstres marins.

De nos jours, l'existence formelle de calmars géants est admise par tous les naturalistes, et reconnue par les malacologues les plus sérieux. Une fois de plus, la légende fabuleuse d'hier est devenue une réalité scientifique rigoureuse. Toutefois, il est important de préciser par quels détours, par quelle erreur fondamentale de base, les esprits scientifiques, comme les récits de navigateurs purent errer aussi longtemps entre les fantastiques récits d'hier et la vérité la plus indiscutable.

Seule, une confusion dans les mots employés, une méprise d'identification, est responsable de longues années perdues par les zoologistes trop méfiants. Cette erreur portant sur les mots, tient toute entière, dans le fait que les textes anciens baptisent *"poulpe colossal"* ou *"Kraken"*, un animal bien réel (les différentes espèces d'*Architenthis*), alors que le mot calmar, employé dès le début, aurait évité bien des polémiques inutiles. Là où il fallait écrire calmar, les auteurs inscrivirent le mot poulpe, qui en réalité ne concerne pas un animal précis, mais se rapporte à la fois à la pieuvre *(Octopus vulgaris)* et au calmar, qui peut atteindre chez certaines espèces, d'incroyables proportions aujourd'hui admises par tous les spécialistes.

Bernard Heuvelmans note avec pertinence dans une note de son livre consacré au *"Kraken"* : *« Cette expression malheureuse de poulpe géant, inspirée par les légendes qui circulaient parmi les gens de mer, allait être à l'origine de la confusion jetée dans les esprits par Jules Verne. Celui-ci s'imagina, en effet, que les termes de "calmar" et de "poulpe" étaient interchangeables. »*

Ainsi, Jules Verne, s'inspirant du récit de la capture du calmar géant de "l'*Alecton*" (récit rapporté, quatre années plus tard, en 1865, par A. Frédol pseudonyme du grand zoologiste Moquin-Tandon — dans son beau livre : "Le monde de la mer"), allait-il confondre, sous le vocable imprécis de *"Poulpe"*, le calmar du capitaine Bouyer avec l'*Octopus* géant qu'il nous offre dans son magique, mais, hélas ! inexact *"Vingt mille lieues sous les mers"*.

En renouvelant cette erreur, fréquente chez les anciens, Jules Verne, allait redonner un sang neuf à un mythe vieux comme le monde : celui de la pieuvre géante. Plus rigoureux dans l'emploi des mots, Jules Verne en employant celui de calmar géant, aurait fait preuve de rigueur scientifique dans le récit du combat du céphalopode contre le *"Nautilus"* et le capitaine Némo.

En confondant calmar et poulpe, l'auteur de *"Vingt mille lieues sous les mers"* se privait de cette étiquette d'écrivain scientifique qui lui tenait tant à cœur.

L'erreur, il est vrai, n'enlève rien au merveilleux ouvrage qui enchanta notre adolescence et qui fit aimer le monde de la mer, comme ne le fera jamais un ouvrage de zoologie.

Il faut noter au passage que les récentes adaptations de *"Vingt mille lieues sous les mers"* rétablirent la vérité scientifique.

Le *"poulpe géant"* du film est rigoureusement exact ; il est la fidèle réplique du calmar géant de "l'*Alecton*", celui-là même que Jules Verne croyait avoir pris pour modèle.

La poursuite et la capture de celui qui restera pour toujours le plus célèbre des monstres marins véritables : le calmar géant de l' *"Alecton"* du capitaine Bouyer est une fantastique aventure.

Nous sommes en 1861, le 17 novembre, l'aviso à vapeur "l' *Alecton*" quitte Cadix et se dirige vers Cayenne. Le 30 du même mois, au début de l'après-midi, un matelot indique au lieutenant de vaisseau Frédéric Marie Bouyer, que la vigie signale un objet non identifié flottant par bâbord. Toutes les hypothèses se présentent aussitôt à l'esprit des témoins : canot chaviré, paquet d'algues, cadavre de cheval mort (!) barrique à la dérive, etc...

La "chose" est rouge, et il semble bien, à mesure que l'on s'approche que l'on distingue des "pattes". Le commandant dira plus tard sa première impression : *"Je reconnus le poulpe géant dont l'existence contestée semble reléguée dans le domaine de la fable. Je me trouvais donc en présence d'un de ces êtres bizarres que la mer extrait parfois de ses profondeurs, comme pour porter un défi à la science"*.

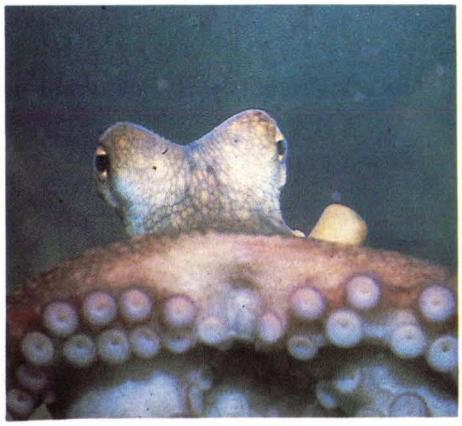
Le grand branle-bas de combat est ordonné et, tandis que le bâtiment s'efforce d'aborder l'animal, on commence à cribler de balles le monstre rose vif qui nage en surface. On comprendra un peu plus tard la faiblesse des réactions du *"Kraken"* car tout semble indiquer que l'animal était déjà moribond. Les salves sifflent et fouettent l'eau tachée par des nuages d'encre ; entre deux eaux, le calmar géant agonise sous les coups multiples dont il est frappé. Après des heures de chasse et de poursuite on parvient enfin à l'aborder. Les harpons s'abattent et l'un d'eux se plante très profondément dans le corps visqueux. Les matelots réussissent à

Calmar géant pêché à Saint-Pierre-et-Miquelon, en 1970, par un chalutier breton (photos Pierre-Yves Hamon).

passer un nœud coulant autour du corps ; on va multiplier les liens pour immobiliser définitivement le monstre lorsque un dernier sursaut de celui-ci fait déraper le harpon fixé dans la masse gélatineuse et fait glisser le nœud coulant tout le long du corps fusiforme pour ne s'arrêter qu'à l'extrémité de l'animal, juste avant les nageoires caudales.

L'équipage, au grand complet, tente alors de hisser le calmar géant sur le pont ; déjà la masse gluante de ses trois ou quatre tonnes s'élève au-dessus des flots, mais sous le poids, la corde s'enfonce lentement dans le corps gélatineux et, au moment où la partie semblait gagnée, le nœud coulant, se resserrant sans cesse, sectionne en deux le monstre qui retombe à la mer au milieu d'une gerbe d'écume, seule la queue reste entre les mains des assaillants dépités.

Pendant des heures, et des heures, plusieurs dizaines de témoins avaient longuement observé l'animal fabuleux qui allait déchaîner l'enthousiasme des milieux scientifiques. Un officier de bord, dessinateur et peintre de talent, avait eu le temps de réaliser une aquarelle aujourd'hui célèbre, aquarelle sur laquelle les officiers et les hommes d'équipage se plurent à reconnaître l'image fidèle du monstre qu'ils avaient si longtemps combattu.



Le regard "humain" de la pieuvre. Au premier plan, la double rangée de ventouses.

C'était un calmar gigantesque, mesurant environ 5,50 m de la gueule, pourvue d'un terrible bec de perroquet, au bout de la queue. Il fallait rajouter ses huit bras longs de 1,80 m environ, soit une longueur totale de 7,30 m, et encore ne possédait-il plus les deux immenses tentacules propres aux calmars (les hectocotyles servant à la reproduction) qui avaient sans doute été coupés lors d'un combat avec quelque cachalot.

Sa couleur générale était rose ponceau vif, couleur déjà signalée par de nombreux témoins de rencontres avec de pareils *"encornets"*. Mais, outre le terrible bec de perroquet de sa gueule menaçante, ce qui terrifiait le plus les matelots de "l'*Alecton*", c'était l'effrayante fixité de ses énormes yeux, situés à fleur de tête, des yeux glauques hideux, bleu pâle et grands comme des assiettes.

La séance de l'Académie des sciences de Paris, du 30 décembre 1861, fut mémorable ; on s'écrasait littéralement pour entendre la lecture de la lettre envoyée par le commandant Boyer au ministre de la Marine d'alors, lettre que l'éminent zoologiste Moquin-Tandon (auteur du *"Monde de la mer"* sous la signature de A. Frédol, livre dans lequel se trouvent tous les textes et l'illustration originale se rapportant au calmar géant de "l'*Alecton*") avait reçu de Sabin Berthelot, consul de France aux Canaries qui avait examiné les restes du monstre, lors de l'escale de "l' *Alecton*" en rade de Ténériffe. Le témoignage d'une personnalité aussi officielle entraîna l'unanimité, et ce fut un véritable délire qui secoua l'assistance quand on fit circuler au milieu des académiciens ahuris l'aquarelle réalisée par l'enseigne E. Rodolphe, qui constitue le meilleur témoignage sur le fantastique animal.

Ce fut dans un brouhaha général, comparable à celui décrit par Conan Doyle au dernier chapitre du *"Monde perdu"* à propos de *"la séance du ptérodactyle"*, que l'éminent Milne-Edwards, président de l'Académie des sciences, conclut que : *"L'animal marin en question paraissait appartenir à une des espèces de céphalopodes gigantesques dont l'existence avait été signalée par de nombreux auteurs"*.

Bernard Heuvelmans, qui rapporte les détails de cette séance historique, note avec humour : *"Cette fois le scepticisme des savants les plus réservés était soumis à rude épreuve"*.

Mais, direz-vous, qu'était le véritable *"Kraken ?"* Le poulpe colossal engloutisseur de navires, celui des naturalistes maudits, la pieuvre géante de Pierre Denis de Montfort et de Samuel Constantin Rafinesque, existent-ils ?

Il semble bien qu'il s'agisse là d'un vieux rêve que rien dans les faits ne vient étayer. L'existence de pieuvres de grandes dimensions a bien été signalée, mais pas une de ces pieuvres "record" ne peut souffrir la comparaison avec les dimensions colossales des calmars du genre *Architenthis*. Celui de "l' *Alecton*" étant le plus célèbre, sinon le plus gigantesque. Tous les spécialistes connaissent les mensurations extraordinaires atteintes par certains calmars géants observés depuis le calmar de Bouyer.

En effet, il apparaît aujourd'hui que, loin d'être exceptionnel dans ses proportions, le calmar de Bouyer n'était qu'un individu très moyen dans son espèce. On a vu beaucoup mieux depuis et les cicatrices rondes causées par les ventouses des calmars sur la peau des cachalots atteignent parfois des diamètres qui donnent le vertige.

Voici la règle énoncée par Rafinesque, l'auteur de *"Sur la piste des bêtes ignorées"*, règle formelle qui permet de calculer très précisément les dimensions d'un *Architenthis* par rapport à la taille des suçoirs : *"Chez un* Architenthis *dont le corps, tête comprise, mesure un mètre de long, le diamètre des plus grands suçoirs atteint à peu près un centimètre"*.

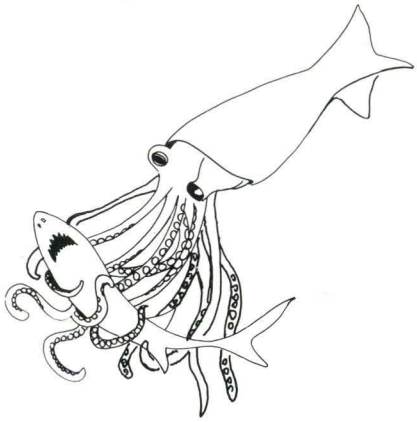
Par conséquent, chez le spécimen de Thimble Tickle, qui mesurait six, douze mètres de l'extrémité postérieure de son corps à son bec, les plus grandes ventouses devaient avoir entre six et sept centimètres de diamètre.

C'est plus que le double, presque le triple des dimensions citées dans les ouvrages classiques.

Inversement, la mesure d'une ventouse isolée, voire de la blessure circulaire produite par elle, doit permettre de déterminer la taille minimum de l'*Architenthis* dont elle provient. Il est bien question de la taille minimum, car rien ne prouve bien entendu qu'il s'agisse des plus grandes ventouses de l'animal.

Dès 1938, L. Harrison Matthews notait après avoir examiné 81 cachalots :

"Presque tous les cachalots mâles portent des cicatrices causées par les ventouses et les griffes de grands calmars : des cicatrices produites par des suçoirs ayant jusqu'à dix centimètres de diamètre sont communes".



Aux cicatrices de dix centimètres de diamètre du zoologiste britannique succèdent les chiffres vertigineux publiés par un des plus grands naturalistes : Ivan T. Sanderson dans son livre célèbre : *"Follow the whale"* (Suivez la baleine), ces chiffres et ces dimensions sont tels qu'il faut ici laisser la parole au spécialiste mondialement connu :

"Les plus grands anneaux cornés des plus grands calmars ont un diamètre d'environ quatre pouces (10 cm), et pourtant on a trouvé, sur la peau des cachalots capturés, des cicatrices laissées par de telles ventouses, qui mesurent plus de dix-huit pouces de diamètre (45 cm) !

Ces faits, très curieux ont été mis en lumière, puis, nous regrettons de le dire, scrupuleusement ignorés. Il a fallu aux zoologistes bien des siècles pour admettre l'existence du Kraken, et sa taille nous paraît toujours quelque peu choquante. La seule suggestion qu'il puisse exister dans les profondeurs océaniques des êtres près de cinq fois plus grands est considérée comme si outrageuse qu'elle en devient aussitôt tabou".

A l'appui de ces chiffres, Rafinesque conclut : *"Il est difficile, sans avoir l'impression de sombrer dans la déraison, d'envisager l'existence de calmars dont le corps et la tête mesureraient 45 mètres de long. Leur masse corporelle entière s'étendrait sur une longueur de soixante mètres et, les tentacules allongés, ils dépasseraient cent mètres, que dis-je, cent cinquante mètres !"*.

Les fantastiques mensurations publiées par Ivan T. Sanderson étant, elles-mêmes dépassées par celles relevées sur un cachalot par un autre célèbre zoologiste Willy Ley, mensurations vertigineuses, hallucinantes, *"la marque d'une ventouse de plus de deux pieds de diamètre (60 cm ! ! !)"*.

De nos jours, il n'a pas encore été possible de ramener de tels montres, et le commun des mortels ne connaît que les petits encornets tellement appréciés dans le domaine culinaire. Les scientifiques et les spécialistes de la pêche reconnaissent cependant l'existence de céphalopodes pouvant atteindre vingt à trente mètres de long. Toutefois l'espoir de pouvoir capturer un jour le géant des mers demeure très vif chez le naturaliste qui continue à observer avec un intérêt mêlé de crainte, ces marques circulaires énormes et mystérieuses laissées sur la peau de cet autre géant des mers qu'est le cachalot.

Et l'on se reprend à rêver aux combats titanesques dont les masses océanes conservent jalousement le secret. ■

Nardo Vicente

Bibliographie

Bernard Heuvelmans - Dans le sillage des monstres marins. *Plon édit.*, 1958.

Armand Landrin - Les monstres marins. *Bibliothèque des merveilles, Hachette - Paris,* 1889.

Ivan T. Sanderson - Follow the Whale. *Boston et Toronto, Little, Brown et Cie,* 1956.

Pierre Denys de Montfort - Histoire naturelle des Mollusques, in Buffon, Histoire naturelle générale et particulière, *nouvelle édit. par C.S. Sonnini (vol. LIII, T. II, Paris, Difart, an X,* 1801 ou 1802.

W.H. Sykes - On the power of leaping to a considerable heigt possesed by *Soligo (Omnastrephes) Sagittata* Lam. *Proc. Zool. soc. I, p. 90 - London,* 1833.

Jules Verne - Vingt mille lieues sous les mers. *Paris, Hetzel,* 1871.

Henri Crosse et Paul Fischer - Nouveaux documents sur les céphalopodes gigantesques. *Journal de conchyliologie, 3e série, vol. X, p. 124, 140,* 1862.

A. Fredol (pseudonyme d'Alfred Moquin-Tandon) - Le monde de la mer, *Paris-Hachette,* 1865.

Un navire de commerce romain en Méditerranée

A la suite de la découverte de vestiges de navires antiques dans le port des Laurons (commune de Martigues), une équipe du C.N.R.S. dirigée par Jean-Marie Gassend, architecte-plongeur leur a consacré quatre campagnes de fouilles. L'importance des découvertes a permis d'effectuer une radioscopie de ce navire du IIe siècle de notre ère.

Illustration ci-dessus (figure 2) : Reconstitution d'un navire de commerce romain du IIe siècle de notre ère, à partir de l'épave découverte dans le port des Laurons (longueur : 15 à 16 m de tête en tête, port en lourd : 20 tonnes métriques environ).

Dès la plus haute Antiquité, la plongée sous-marine était pratiquée par des pêcheurs d'éponges, de perles, mais aussi par des plongeurs spécialisés dans la récupération de cargaisons. Pour ne citer qu'eux, les *urinatores* romains, pilleurs d'épaves ou plongeurs professionnels, s'élancent en apnée pour aller chercher des objets au fond de l'eau. Un texte du *Digeste* évoque le cas d'un marchand envoyant des *urinatores,* moyennant salaire, récupérer des marchandises sur l'épave d'un navire coulé par une tempête. De nos jours, l'utilisation de scaphandres autonomes permet des plongées à l'air à des profondeurs courantes de soixante mètres ; avec des mélanges gazeux, ce seuil est repoussé chaque jour.

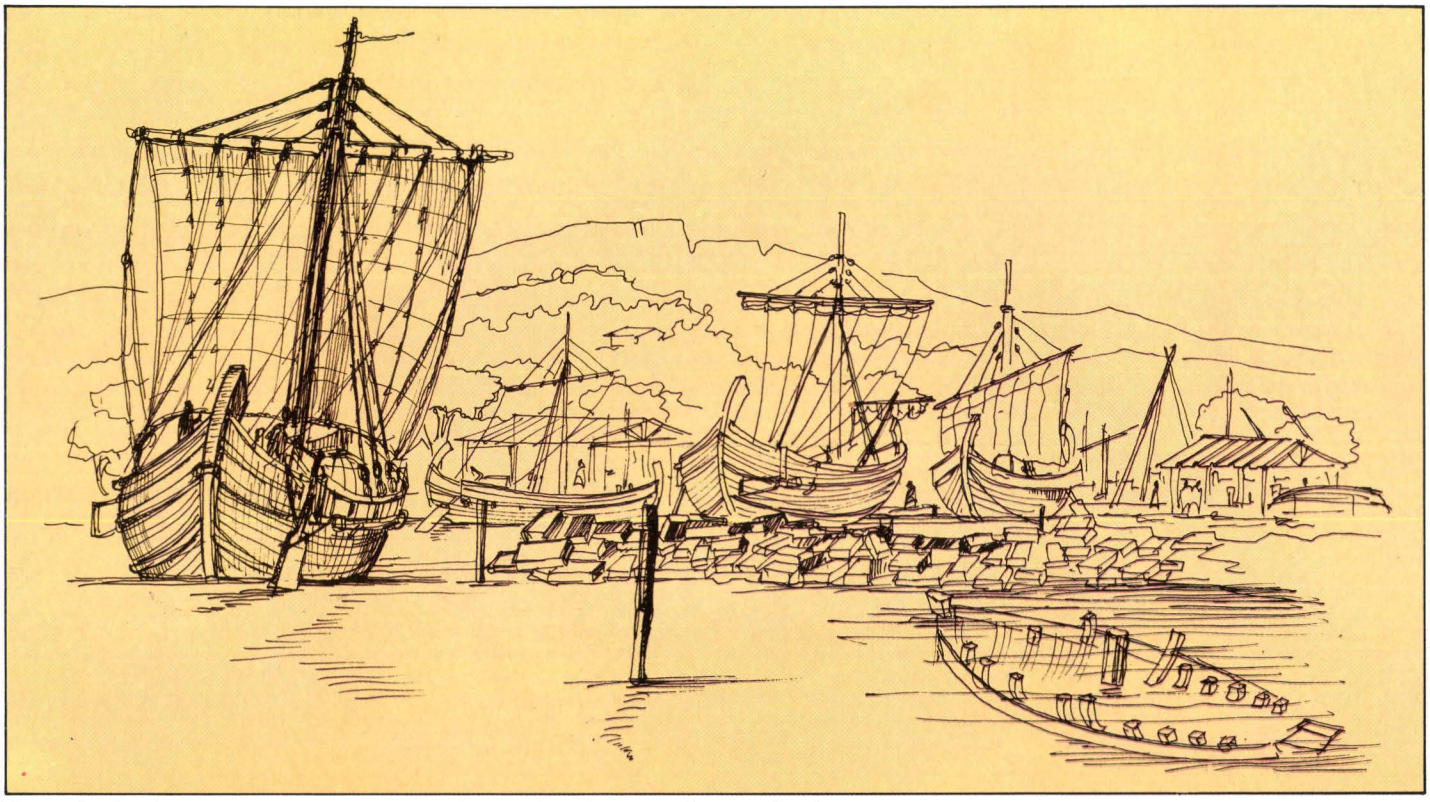


Figure 3 : Navire de commerce romain pénétrant dans la passe du port des Laurons.

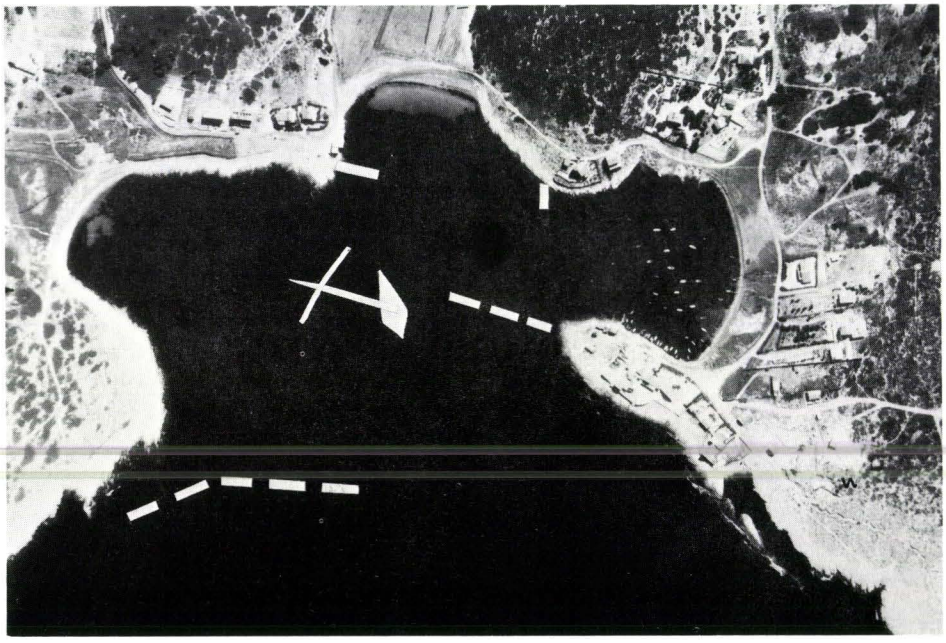
Le site que nous avons choisi de décrire ici existe réellement. En effet, quatre campagnes de fouilles archéologiques sous-marines ont été effectuées avec le concours d'une équipe du Centre national de la recherche scientifique sur le site des Laurons, calanque située dans la partie septentrionale du golfe de Fos, sur la commune de Martigues : il s'agit bien d'un port antique, dont les restes de digues et de quais **(photo n° 1)** ont été repérés. Un chenal y est encore visible, ponctué de pieux de bois ; seule la calanque profonde a été quelque peu remblayée.

La calanque des Laurons nous est apparue tout d'abord, comme bien d'autres criques qui constellent le golfe de Fos, tout à fait banale. En fait, au fur et à mesure de l'avancement de nos recherches, à l'aspect flou d'un abri rudimentaire succédait l'image d'un havre structuré, dont l'étendue d'eau s'enfonçait profondément à l'intérieur des terres, protégé du large par une série de digues. Ces digues construites dans l'Antiquité comme en témoigne un vaste dépotoir de céramique antique appuyé sur l'une d'elles, protégeaient les navires des vagues imposantes venues du large, soulevées par de violents coups de vent d'est et de nord-ouest, si fréquents dans le golfe de Fos.

La seconde campagne de fouilles aboutit à la découverte des vestiges de huit carènes de navires de commerce antiques, gisant par deux mètres de fond. En présence d'une telle mine de documents archéologiques, nous sommes maintenant en mesure de faire revivre la vie du port des Laurons au IIe siècle de notre ère.

Nous commencerons par l'étude d'une petite unité de 15 mètres de long de tête en tête et de vingt tonnes métriques de port en lourd, justifiée par la découverte sur ce site d'une carène exceptionnellement bien conservée : cette dernière, en effet,

Photo 1 : Vue aérienne du port antique des Laurons avant la construction de la centrale thermique. En pointillés blancs sont évoquées les digues romaines. La croix indique la position de l'épave.



enfouie sous quelques centimètres de vase compacte, reposait sur le flanc bâbord à l'intérieur du chenal après la deuxième digue vers l'intérieur du port, avec son pont, son pavois, l'un de ses deux gouvernails et quelques graines de la cargaison de céréales qu'elle transportait **(note 1* et figure 1)**.

L'observation des réparations du bordé pratiquées sur les œuvres mortes de la carène nous amènera ensuite à décrire celles que le charpentier de marine local a effectuées après avoir abattu le navire en carène au moyen de pieux découverts *in situ*.

Enfin, l'étude de la charpente et du mode d'assemblage du bordé nous conduira à décrire la technique de construction d'un navire dans ses différentes phases et d'en évoquer les avantages et l'intérêt.

(*) N.D.L.R. : les notes sont regroupées en page 69.

A l'automne de l'année 160 de notre ère **(note 2)**, un navire de commerce romain évolue dans la partie septentrionale du golfe de Fos, en direction du port des Laurons, à quelque dix milles au nord du cap Couronne.

Cette unité de commerce est longue d'une quinzaine de mètres, large de cinq, et son creux atteint 1,30 m ; ces proportions lui confèrent une allure de corbeille **(note 3)** : étrave et étambot se relèvent suivant une courbe arrondie, l'arrière est légèrement surélevé par rapport à l'avant **(figure 2 et photo 2)**.

Filant sur son erre, sa grande voile carrée réduite, le navire se présente dans le chenal du port. Déjà la première digue est laissée sur le tribord **(figure 3)**, sa route l'amène dans les profondeurs de la calanque, abri idéal des vents dominants d'est et de nord-ouest.

A l'approche du quai, l'ordre est donné d'amener la grande voile ; c'est ainsi qu'elle apparaît comme un rideau de théâtre, faufilée de multiples cordages de haut en bas, alourdie par ses anneaux de cargue **(figure 4)**. Enfin, la vergue glisse lentement le long du mât en même temps que la voile carguée se fronce.

L'unique mât, légèrement déporté en avant du maître couple, a le pied maintenu prisonnier dans sa cavité ménagée dans l'épaisseur du massif d'emplanture, tandis que sa partie supérieure est solidement étayée par des haubans latéraux et un étai avant. La vergue, dont l'envergure dépasse largement celle du maître bau, est formée de deux espars solidement arrimés. Son inclinaison par rapport au mât est réglée par un jeu de balancines.

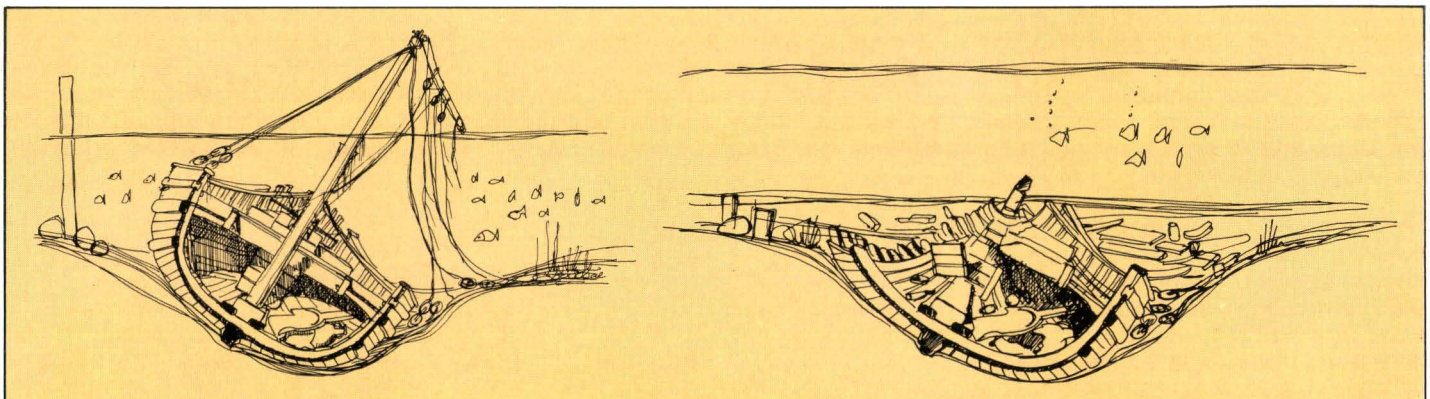
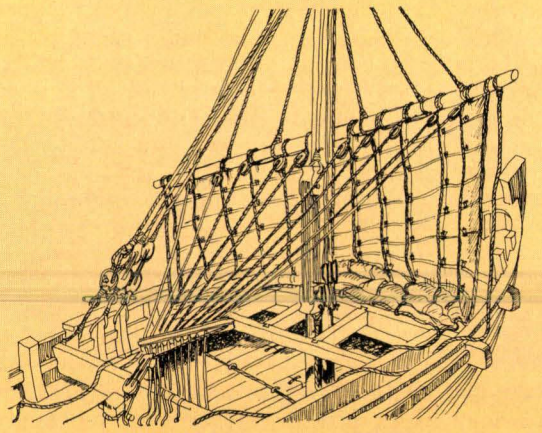


Figure 1 : A gauche, représentation hypothétique de l'ensablement de l'épave des Laurons. A droite, état des vestiges lors de leur découverte en 1974.

Photo 2 : Partie avant de la carène du navire. On distingue au centre les deux pièces axiales (carlingots) qui recevaient l'emplanture de mât. ▶

Figure 4 : Voile carguée amenée sur le pont. ▼



Le pont est constitué de solides planches de quatre centimètres d'épaisseur, larges d'une trentaine de centimètres, longues de quatre à six mètres, assemblées latéralement à franc-bord par des clés enfoncées horizontalement dans le can des ais. Le joint ainsi obtenu est curviligne, le centre de ces arcs serait à l'extérieur de la carène **(figure 5 et photos 3 et 4)**. Les virures de pont sont par ailleurs clouées sur les barrots de pont.

"Lors de la dernière tempête d'ouest, une virure de bordé a été endommagée, avarie qui va nécessiter l'intervention du charpentier de marine local"

Les trois-quarts de la surface du pont sont occupés par de longs panneaux de cale dont le côté le plus large traverse le navire d'un bord à l'autre. Une fois ces panneaux retirés, la cale devient très accessible pour les chargements et déchargements des amphores ou des céréales. La plage arrière est séparée du gaillard avant par deux étroits passavents de quatre-vingts centimètres de large. La tonture naturelle du pont, ainsi que la présence d'une marche assure une position surélevée plus confortable pour le timonier. Le timonier, à poste sur bâbord ou tribord, maintient son cap en agissant sur une barre, elle-même reliée à une pelle de gouvernail. Il existe un gouvernail sur chaque bord. Lorsque le gouvernail sous le vent est en action, l'autre est relevé au niveau du pont, protégé par une aile, sorte de garde-corps, dans le prolongement linéaire de la préceinte de pont **(figure 6)**. La carène est surmontée d'un pavois pouvant atteindre soixante-dix centimètres de haut au maître couple, solidement appuyé sur les jambettes de pavois, prolongement des couples. Un portillon coulissant de bas en haut, entre deux jambettes situé sur le trois-quart avant, peut être retiré afin de faciliter par l'avant le transbordement de la cargaison.

Le navire est maintenant solidement amarré par l'avant au quai, mouillé par l'arrière, ses deux gouvernails latéraux relevés. Le lourd chargement de blé, constitué de vingt tonnes de céréales oblige cette nuit encore le navire à rester à quai ; il aurait aussi pu être halé au sec s'il avait été lège avec son faible tirant d'eau et la forme arrondie de la carène, presque plate au maître bau.

La taille modeste du navire, l'absence de tout aménagement d'accueil à l'intérieur obligent les membres de l'équipage à passer la nuit à terre. L'approvisionnement du bord, au IIe siècle de notre ère, est facilité par la présence de nombreux petits ports échelonnés sur la côte du golfe de Fos, riches à la fois en denrées et en métaux. Un des membres de l'équipage, à la fois manœuvrier et "cuistot" après avoir goûté aux délices des thermes qui jouxtent le port des Laurons, pourra se procurer du *garum* local, du vin de Campanie ou bien de l'huile de Bétique **(note 4)**. Le "Bosco" après avoir perdu une ancre au large, se procurera un jas en plomb d'Espagne ou quelques feuilles de plomb pour le doublage des œuvres vives de la coque d'un de ses autres navires.

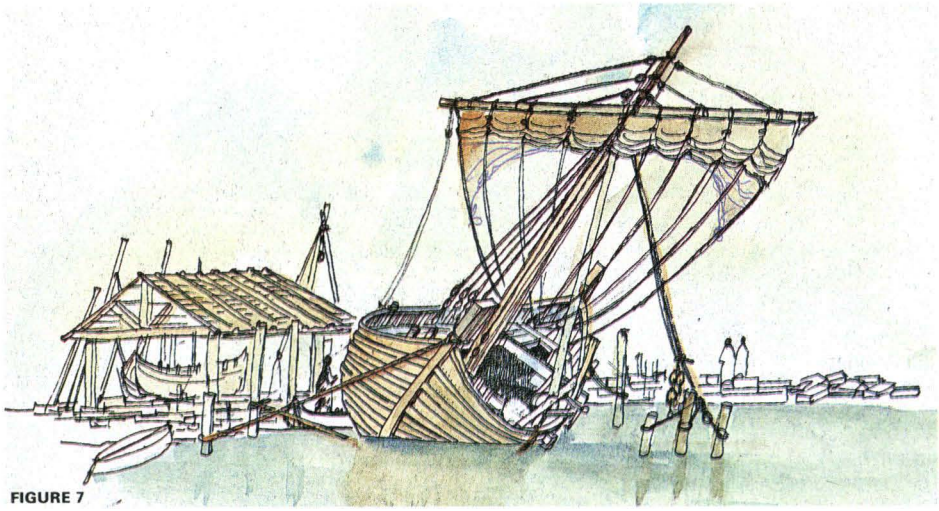


FIGURE 7

Lors de la dernière tempête d'ouest, dans le golfe de Fos où souffle fréquemment un mistral violent, une virure de bordé au niveau de la muraille a été endommagée au cours d'un abordage, avarie qui va nécessiter l'intervention du charpentier de marine local. Le matin suivant l'arrivée au port se passe à transborder "l'orge des Cavares" disposée en vrac dans la cale, à terre, dans des sacs de jute qui seront acheminés vers l'arrière-pays pour les semailles.

Le navire est maintenant dirigé vers la digue sud-ouest du port des Laurons où le charpentier de marine officie. Cette zone est délicate à atteindre car en plus du faible tirant d'eau du port, de l'ordre de 1,50 m, elle est constellée de pilotis de bois émergeant à peine de l'eau. Ces pilotis servent non seulement au mouillage libre mais aussi au charpentier pour l'abattage en carène.

Le navire est donc stabilisé entre deux séries de pieux, lège, libéré de ses gouvernails et de quelques objets qui encombrent le pont **(figure 7)**. Deux ancres à jas de plomb du bord sont alors disposées sur le passavent tribord afin que le navire accuse une gîte susceptible de mettre hors d'eau les œuvres vives jusqu'au bouchain. Cette gîte est encore amplifiée par l'adjonction de quelques cailloux posés près des ancres, tandis que le bas des haubans est ancré solidement sur les pilotis : un cordage frappé sur le flanc bâbord, passe sous la carène pour être amarré sur un pilotis situé sur l'autre bord. Un ouvrier, de sa barque à fond plat, retire les "balanes" incrustées sur la coque, en même temps qu'il gratte la poix brunâtre dont l'extérieur de la carène est enduit, afin de dégager la virure détériorée (un carénage plus conséquent aurait pu être exécuté à terre, si l'on avait tiré le navire au sec, sur des rouleaux, mais l'importance de la réparation ne le nécessitait sans doute pas).

Mais avant de voir comment le charpentier procédait pour remplacer une virure de bordé, ou une allonge de membrure, nous rappellerons brièvement le système d'assemblage.

Les virures de bordés sont assemblées à franc-bord liaisonnées entre elles par des clés en bois (cyprès, chêne vert ou tout autre bois dur) logées dans des mortaises mé-

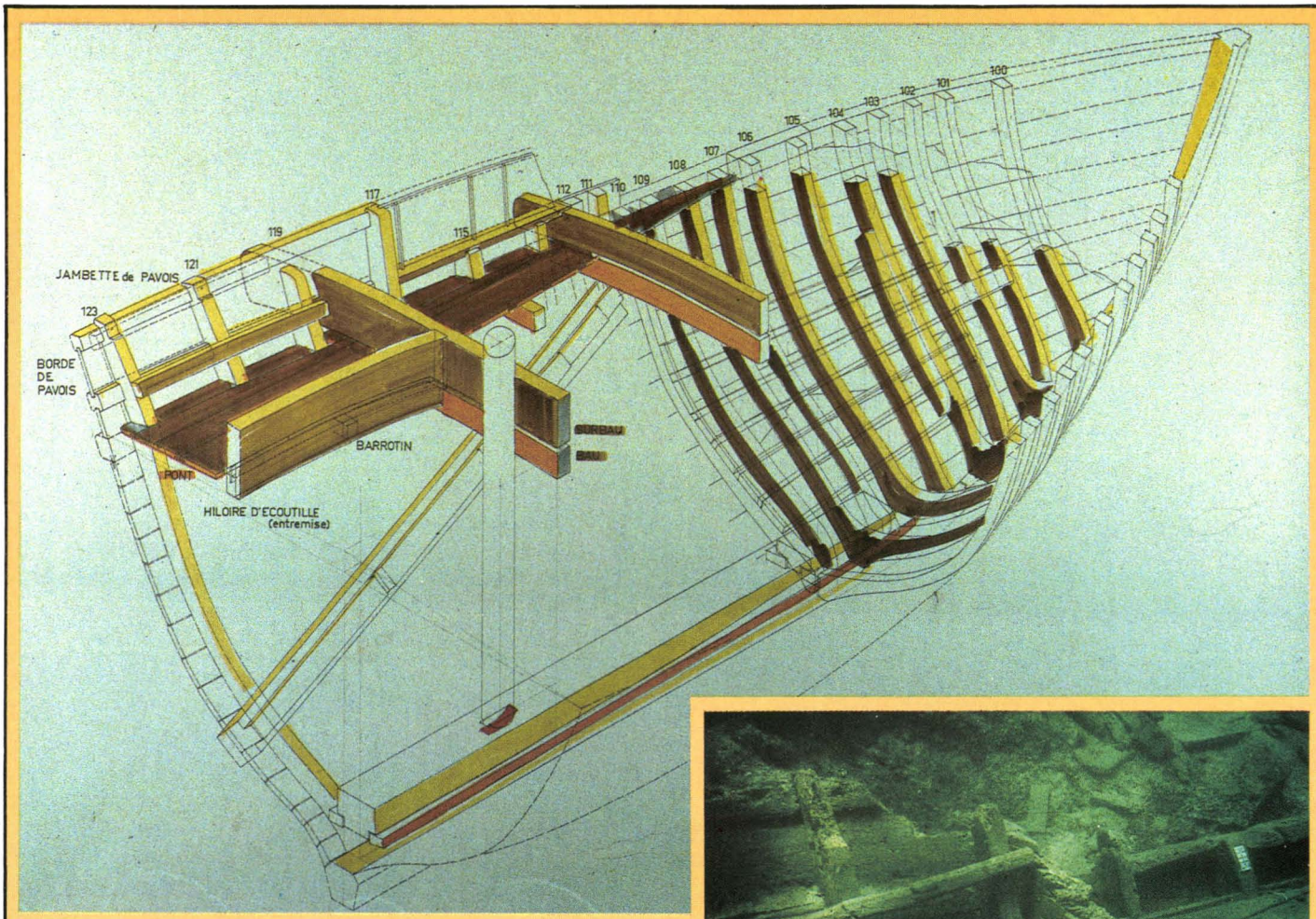


Photo 4 : Représentation graphique des données de la fouille. ▲ Dessin à rapprocher de la ph. 3 du pont et du pavois.

Figure 5 : Reconstitution de la partie avant de la carène du navire. Les zones hachurées indiquent les pièces de bois retrouvées au cours des fouilles.

Figure 6 : Reconstitution du dispositif de l'appareil de gouverne à partir de la découverte de la pelle, de la mèche et de la barre (des traces d'usure de cordages sur la pelle et la mèche sont à l'origine de cette reconstitution).

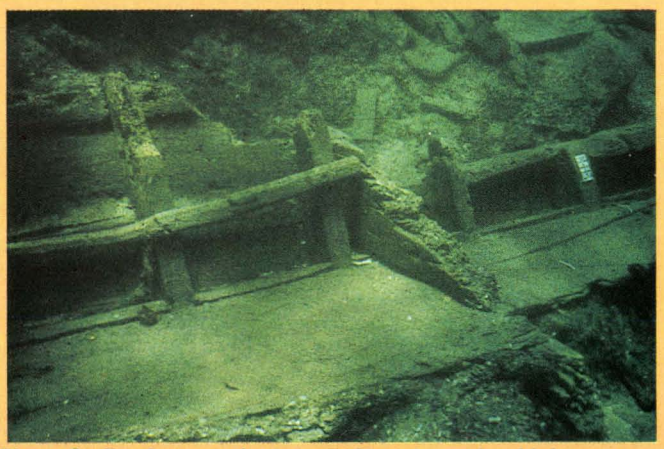


Photo 3 : Partie centrale des vestiges du navire. L'observateur est situé sur les panneaux de cale et regarde le pont, au premier plan, surmonté du pavois.

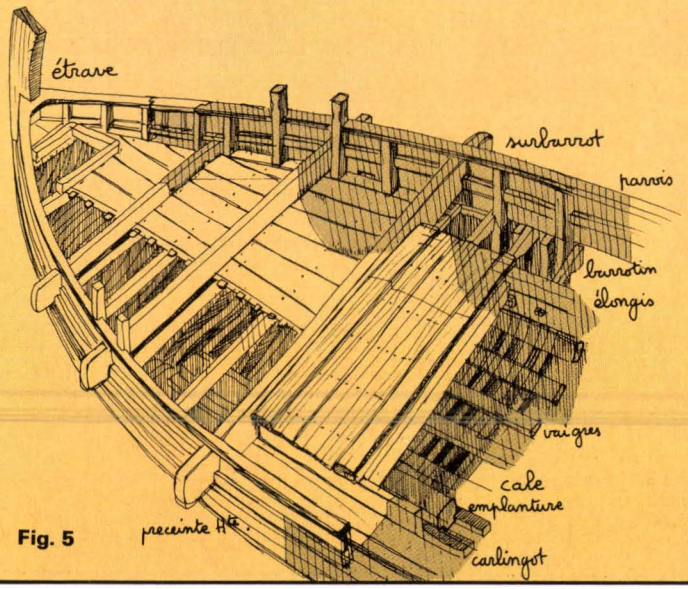


Fig. 5

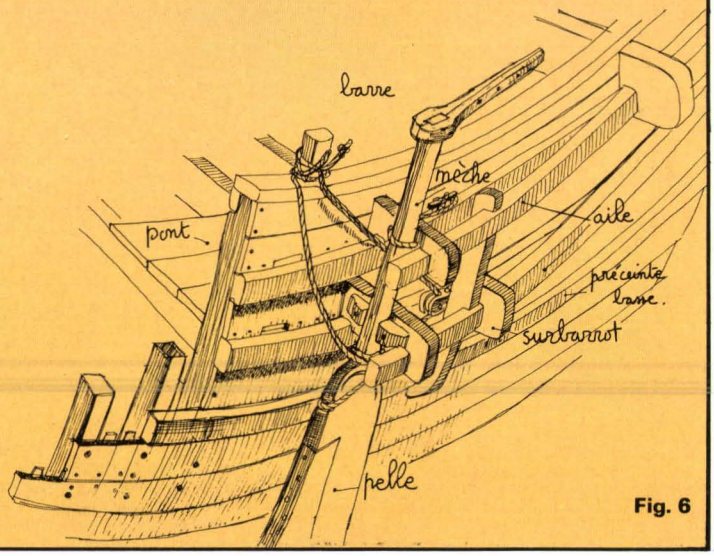
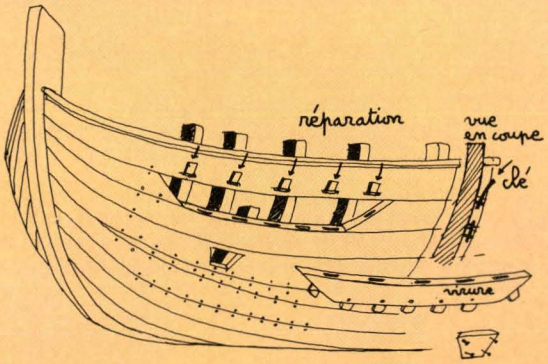


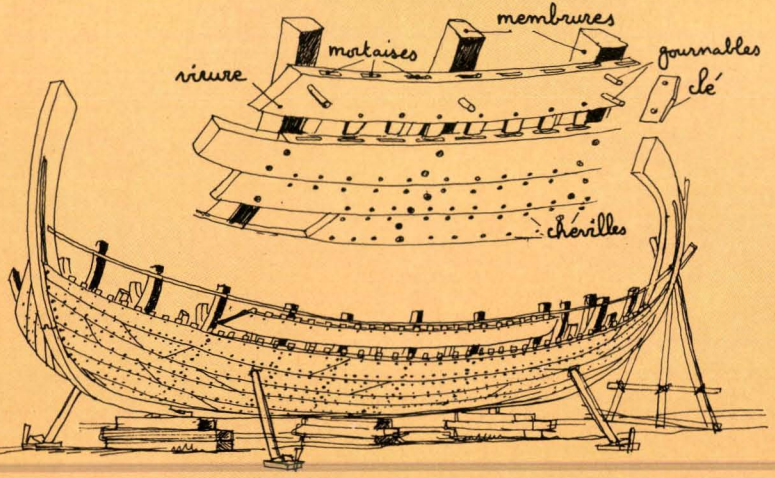
Fig. 6

Figure 10 : Scènes de chantier naval antique.

Figure 9 : Différents types de réparation : en haut prélèvement d'une virure, en bas colmatage d'une faible voie d'eau.

Figure 8 : Technique d'assemblage des virures de bordé.





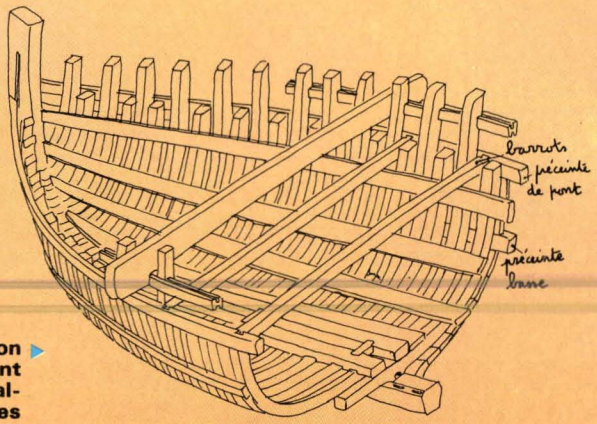


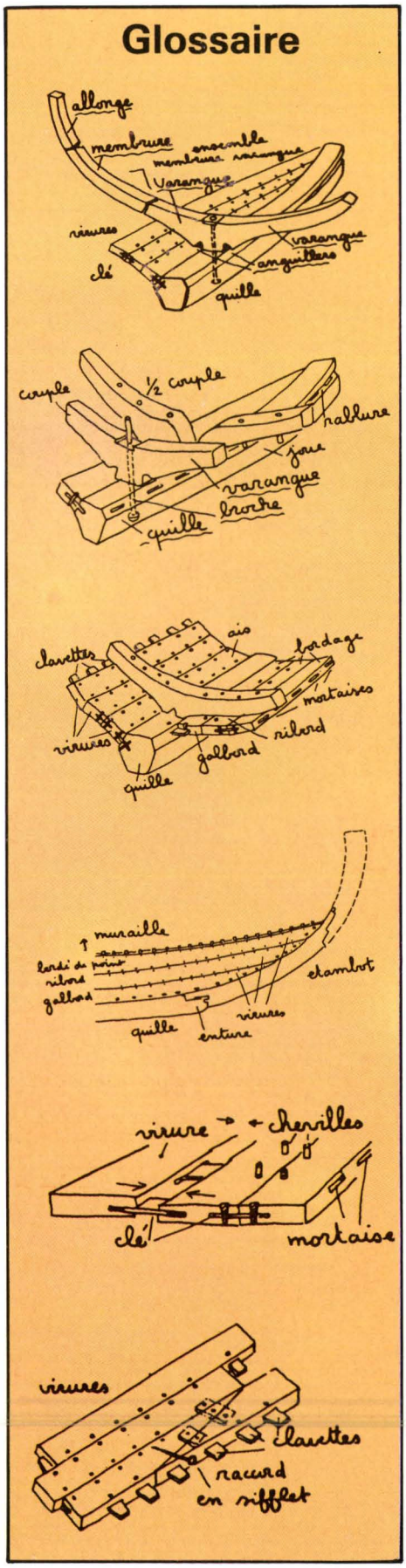
Figure 14 : Adjonction d'une préceinte de pont achevant l'édification alternée du bordé et des couples.

nagées dans l'épaisseur du can des ais, chevillées de part et d'autre du joint ainsi formé, elles sont par ailleurs assujetties à la membrure par des gournables **(figure 8)**. Les virures de bordé pour la taille d'un navire d'une quinzaine de mètres de long, de tête en tête, sont épaisses de 2,5 cm, exception faite du galbord où l'épaisseur est de 3,5 cm pour la face en contact avec la quille, de 0,20 à 0,30 m de large, et cinq à six mètres de long. Les virures sont cueillies en fonction du galbe de la carène, certaines se "fondent" dans les bordages avant d'atteindre les extrémités de l'étrave ou de l'étambot. Elles sont nécessairement raboutées, opération qui consiste à tailler en sifflet les deux abouts en regard, le biseau ainsi obtenu court sur l'espace qui sépare trois à quatre membrures.

Le remplacement d'une virure de bordé oblige donc le charpentier tout d'abord à retirer la virure défectueuse en sectionnant les clés des deux cans. Les mortaises sont évidées de leur demi-clé avant que le charpentier ne présente la nouvelle virure correctement "cueillie". Une des deux faces est munie de nouvelles clés ; sur l'autre face sont ménagées des mortaises en attente **(figure 9)**.

Une fois la nouvelle virure découpée et disposée, la face ne comportant que des mortaises recevra des clés enfoncées de l'extérieur en biais, à travers le bordage, avant d'être chevillées. Parfois devant la difficulté de cette opération le charpentier se limite à découper la virure détériorée afin de la remplacer par une pièce de bois de quelques centimètres carrés en ayant pris soin au préalable de chanfreiner les bords en contact. Une fois le joint ainsi formé, mastiqué, cette pièce est assujettie par cloutage à la membrure **(figure 9)**.

Le prélèvement d'une allonge de membrure est une opération moins délicate. En effet, varangue, membrure, allonge de membrure, pour un même couple, sont raboutées sans écart. Le remplacement d'une allonge dans le cas de notre navire consiste à retirer quelques vaigres du plancher de cale, et à prélever l'allonge défectueuse, en sectionnant au préalable les gournables qui la liaisonnent au bordé. Le modèle une fois reproduit est présenté, rabouté sans écart, à celui qui le précède et le suit, pour être enfin assujetti au bordage au moyen de gournables, enfoncés dans les trous préexistant des virures en place. Les réparations de ce genre



sont monnaie courante ; plus complexe, bien sûr, est la construction du navire.

Le charpentier qui doit envisager la réalisation d'un navire de vingt à vingt-cinq tonnes de port en lourd, environ, soit quatre cents ou cinq cents amphores, ce qui correspond à une unité de quinze à dix-sept mètres de long, semblable au navire des Laurons **(note 5)**, recherche tout d'abord les proportions et les mesures de son futur modèle. Quelques tâtonnements l'ont sans doute conduit primitivement à la réalisation d'une maquette, mais par la suite les "données" de la construction se résument à celles de quelques dimensions et profils : longueur de quille portant sur terre, largeur, profil et creux au maître couple, enfin profil de deux ou trois couples répartis dans la zone précise de la carène, sans oublier l'élancement du quart de la longueur de tête en tête pour l'étrave et du tiers pour l'étambot **(figure 10)**. A l'aide d'un cordon et de piquets, le charpentier délimite sur le sable ou la terre battue le rapport existant entre la longueur de quille portant sur terre et celle de tête en tête. Il procède de même pour la courbure de l'étrave et de l'étambot. La largeur et le creux au maître couple sont également matérialisés par des membrures gabarits. Le choix de la position des entures en trait de Jupiter qui assujettissent la quille à ses extrémités, est décidé à partir des proportions du navire et surtout de la longueur des bois disponibles : ici l'élaboration de la quille nécessite un tronc de cyprès ou d'acacia de neuf mètres de long et vingt-deux centimètres de section moyenne.

La courbure accentuée de l'étrave impose un double écart : l'une entre le brion et la quille, l'autre entre le brion et l'étrave, alors que bien souvent un seul suffit pour l'arrière plus élancé. Des chantiers sont alignés sur le sol, ceux de la partie centrale sont moins élevés, afin de tenir compte du contre-arc à imposer à la quille **(note 6)**. L'assemblage, quille-brion-étrave-étambot, est réalisé au moyen de traits de Jupiter verrouillés tour à tour par une clé, avant que l'ensemble ne soit dressé sur le chantier **(figures 11 et 11.a)**.

Sur les dix-huit mètres de longueur de tête en tête du navire, six varangues "gabarits" réparties principalement sur le dos de la quille sont disposées, aviées, sans être définitivement fixées. Simultanément, les

L'ARCHÉOLOGIE SOUS

Les appareils utilisés pour la recherche sous l'eau.

Elle s'effectue à partir d'une base située à terre si le navire a sombré près de la côte, en mer dans le cas contraire. Il faut, de toute façon, disposer au-dessus de l'épave d'une plate-forme, ponton ou bateau spécialisé, équipé de :

—compresseurs, haute et basse pression, pour gonfler des bouteilles de plongée ou alimenter des **narguilés** expédiant de l'air comprimé au fond. Cet air au fond actionne un aspirateur sous-marin, communément appelé "suceuse à air", dont le rôle sera notamment de dévaser ;

—un groupe électrogène pour produire de l'électricité qui alimentera la grue et les besoins du bord ;

—une série de ballons, sortes de poches à air qui, gonflés au fond, peuvent aider à remonter à la surface un panier métallique chargé d'amphores ;

—tout un réseau de tubes métalliques légers qui, assemblés au fond, peuvent constituer un carroyage délimitant des zones de sondages ;

—pour la photographie sous-marine, un boîtier étanche muni d'une lentille corrective qui recevra un appareil photographique, lui-même équipé de pellicules très sensibles.

Dévasage et découverte de la couche archéologique

Une épave est généralement enfouie sous des algues mêlées à la vase ou bien dans du sable. Les plongeurs professionnels sont chargés en premier lieu de déterminer les dimensions de l'épave. Ils peuvent utiliser pour cette tâche plusieurs méthodes. La plus simple consiste à sonder méthodiquement le sol à l'aide d'une tringle métallique jusqu'au point de résistance dû, soit à la présence de la coque, soit à celle de la cargaison. Un autre système plus complexe et d'une technique plus avancée consiste à poser au fond un filet à mailles de un mètre carré et à déplacer au-dessus de celles-ci un magnétomètre à proton. Cet appareil réagit à l'aimantation permanente des terres cuites composant la cargaison. On obtiendra par cette série de sondages prospectifs un plan de la cargaison de l'épave. Le tracé perçu est en général celui d'une ellipse dans laquelle il est aisé de repérer les sondages à faire. Un carroyage métallique est posé au fond pour délimiter la zone à fouiller. Parallèlement à cette opération, le cadre métallique pour la prise de vue photogrammétrique est placé au-dessus du sondage. "L'aspirateur sous-marin" actionné par les plongeurs n'a plus qu'à entrer en action. Dès l'apparition d'objets ou de fragments de coque, une couverture photogrammétrique est faite afin de situer ces découvertes (voir plus loin). Si des objets doivent être déplacés, ils sont numérotés et repérés d'après le carroyage.

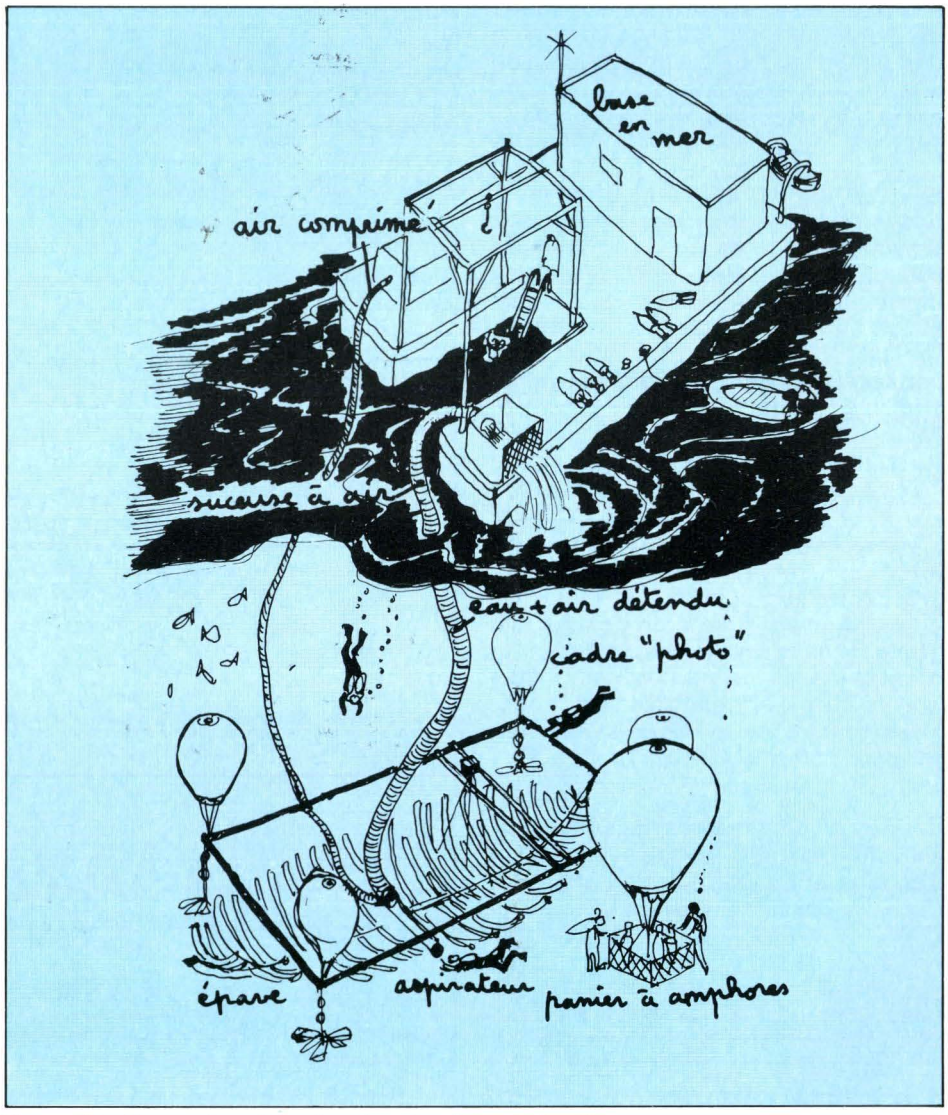
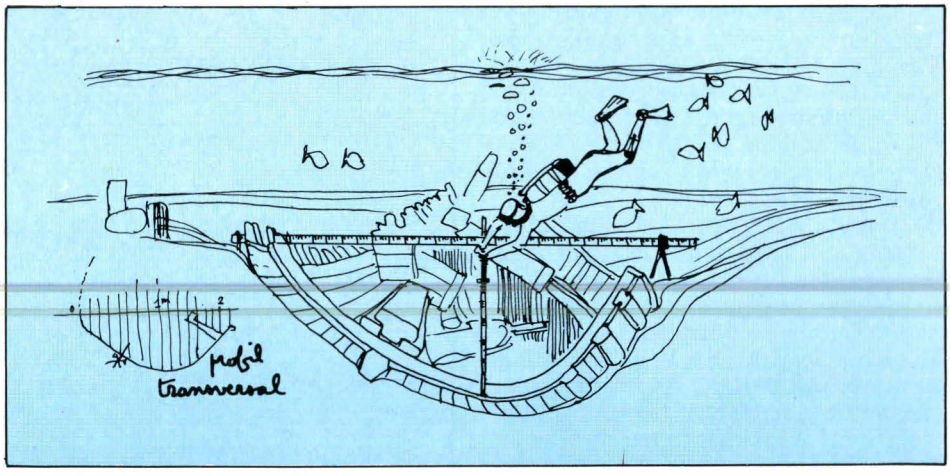
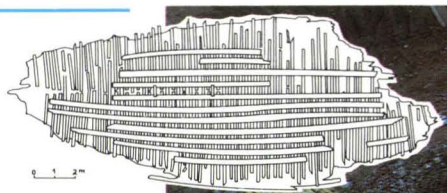


Figure 15 : Illustration d'un chantier classique de fouille en mer.

Figure 17 : Relevé graphique en coupe transversale *in situ* afin de réaliser les plans du navire d'après la réalité de marche inverse de celle de l'architecte actuel.



-MARINE



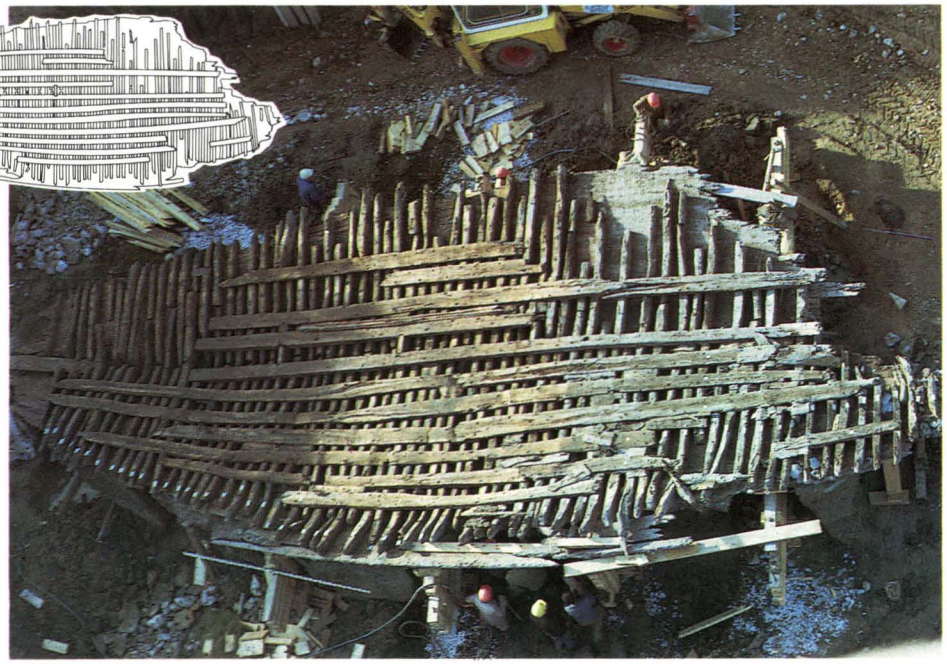


Figure 16 : Plan photogrammétrique des vestiges de la carène du navire de la Bourse. Celui-ci fut découvert dans la corne du port antique de Marseille en 1974 et daté de la fin du IIe siècle de notre ère (A. Carrier, ingénieur photogrammètre).

Photo 7 : Vue aérienne des vestiges de la carène du navire antique de la Bourse de Marseille.

Les relevés photogrammétriques et architecturaux

Il existe un procédé à base photographique qui consiste à prendre une série de couples photographiques du sondage à une altitude, un intervalle et sous un angle calculé. A partir de la couverture-photo ainsi réalisée, un ingénieur photogrammètre travaillant sur un appareil de restitution tracera un plan à une échelle déterminée. Le fait de conserver une altitude et un angle constants se traduit au fond par l'installation d'un cadre fixe **(figure 16, photo 7)**.

Ce cadre est maintenu au-dessus de la zone fouillée, zone quadrillée de mires dont les distances entre elles sont connues. Ceci permettra la mise à l'échelle du sujet à restituer. Un pont photo gradué se déplacera sur ce cadre pour balayer toute la zone à intervalles réguliers, ces intervalles formant la base des couples photo. Cette méthode, que l'on appelle la "photogrammétrie", permet un gain de temps remarquable, l'installation reste en place tout au long de la fouille. Le montage du cadre peut être effectué au cours de deux plongées, la réalisation d'une couverture photo au cours d'une seule. Le relevé architectural est basé, dans un premier temps, sur des dessins exécutés en coupe transversale et longitudinale tous les mètres sur la carène. Les cotes en altimétrie sont prises à partir d'une horizontale matérialisée au fond par une barre métallique graduée en centimètres, montée sur pieds télescopiques et munies d'un niveau à bulle. Le plan de référence au fond est ainsi le même que celui du plan horizontal de la surface des eaux **(figure 17)**.

Les dessins sont exécutés au fond, comme ils le sont en surface, mais à l'exception près que les crayons sont à mine plus tendre et le papier calque, un film de plastique. Une fois les coupes transversales et longitudinales levées, on dessine les détails architecturaux : membrures, pièce d'emplanture, différents types d'assemblages, etc. Parfois, devant la multiplicité des assemblages, on procède à un relevé grandeur nature à l'aide d'un crayon gras et d'un film plastique appliqué à même le bois.

J.-M. G.

NOTES

(1) Actuellement, l'hypothèse la plus vraisemblable pour expliquer l'état exceptionnel de conservation de ce navire est celle d'un naufrage suivi d'un ensevelissement rapide provoqué par un raz de marée. Il a pu se produire, en effet, vers les années 160-180 de notre ère le même phénomène que celui auquel nous avons assisté en juillet 1981 : par suite probablement d'un effondrement de terrain au large, le port des Laurons (profond de 1,50 m) s'est subitement vidé de son eau pour se remplir à nouveau quelques minutes après, le niveau d'eau atteignant alors une cote de deux mètres au-dessus du niveau normal. Dans l'Antiquité, le navire des Laurons, abattu en carène a pu de même être happé et coulé dans la passe, avant d'être ensablé très rapidement comme ce fut le cas pour les vestiges dégagés au cours de la fouille de juillet 1981. Des carottages effectués à l'intérieur de la cale sont en cours d'étude ; le résultat de leur analyse permettra de savoir si ce phénomène d'ensablement s'est produit brutalement ou progressivement (Figure 1).

(2) Deux monnaies ont été découvertes à bord dont l'une est clairement identifiable : il s'agit d'un denier d'argent, frappé sous Marc-Aurèle en commémoration d'Antonin le pieux, à un moment du règne non précisable, entre 161 et 180. Cf. Mattingly-Sydenhom, *Roman Impérial coinage*, III, p. 127, n° 436.

L'auteur de cette étude sur le navire des Laurons, Jean-Marie Gassend du service d'Architecture antique du C.N.R.S. (bureau d'Aix-en-Provence), tient à préciser qu'elle a pu être menée à bien grâce à un travail en équipe auquel ont notamment participé : Philippe Foliot, photographe au C.N.R.S. ; Serge Ximenes, inventeur de l'épave, membre du Groupe de recherche d'archéologie sous-marine (G.R.A.S.M.) ; Jean-Pierre Cuomo (C.N.R.S.), inventeur du procédé de construction antique de "type alterné". Il faut ajouter la Direction de la recherche archéologique sous-marine (D.R.A.-S.M.) — ministère des Affaires culturelles, qui a apporté une assistance technique et scientifique.

(3) Voir à ce sujet P.-M. Duval, *La forme des navires romains d'après la mosaïque d'Althilburos, M.E.F.R.A.*, 61, 1949, p. 119 et suiv. Sont décrits les différents types d'embarcations dont notamment la *"corbita"*, de *corbis* (corbeille en latin).

(4) Une cargaison d'amphores à huile de Bétique, du Sud de la péninsule ibérique, a été découverte dans l'anse Saint-Gervais, située dans le golfe de Fos, voir à ce sujet *Les inscriptions peintes sur amphores de l'anse de Saint-Gervais*, B. Liou, R. Marichal, *Archaeonautica*, 2, 1978, p. 110 et suiv.

(5) D'après les dimensions retrouvées sur l'épave des Laurons II à Martigues, on peut classer ce navire parmi ceux de faible tonnage, soit quinze à vingt tonnes métriques de port en lourd pour quinze à dix-huit de longueur de tête en tête. Citons l'exemple de l'épave de la Chrétienne C ou bien celle de Cavalière, G. Charlin, J.-M. Gassend, R. Lequément, *L'épave Antique de la baie de Cavalière, Archaeonautica 2*, 1978, p. 68 et suiv. Les moyens tonnages correspondent à un port en lourd de cent à cent vingt tonnes métriques pour vingt à vingt quatre mètres de longueur de tête en tête : l'épave de Port-Vendres 2 ou celle découverte dans la corne du port antique de Marseille, J.-M. Gassend, *Le Navire du Lacydon*, Collection du Musée d'Histoire de Marseille, 1982, p. 105. Enfin la catégorie supérieure correspond aux navires hauturiers de quatre cents à cinq cents tonnes métriques de port en lourd pour une longueur de tête en tête approchant les quarante mètres. C'est l'exemple de l'épave de Mahdia en Tunisie ou de celle de la Madrague de Giens, A. Tchernia, P. Pomey, A. Hesnard, *L'épave romaine de la Madrague de Giens*, XXXIV supplément à Gallia et alii, 1978, p. 104 et suiv.

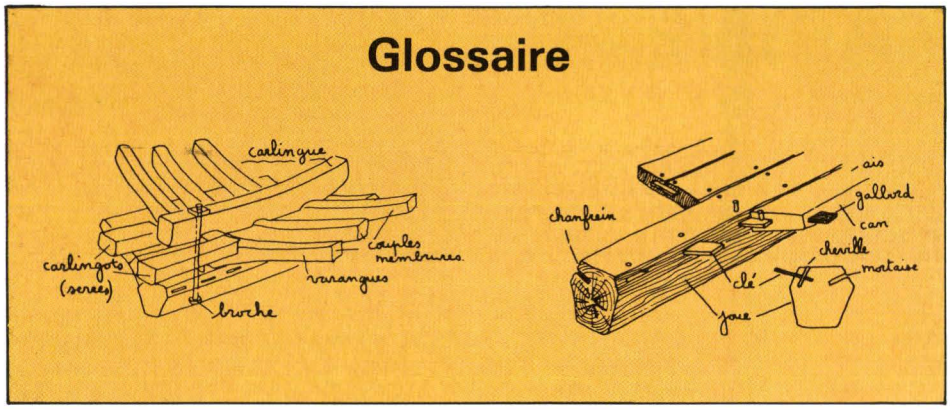
(6) La poussée d'Archimède exercée sur la carène a tendance à la repousser hors de l'eau. La conséquence de cette poussée de bas en haut provoque un cintrage de la quille dans sa partie centrale, où la poussée est la plus forte. Pour compenser cet effet on donne un contre-arc à la quille du navire lors de sa construction.

(7) L'emploi de chevilles métalliques dans la construction navale romaine n'est pas systématique. L'exemple le plus ancien à l'heure actuelle, remonte à la dernière moitié du Ier siècle avant J.-C., avec l'épave romaine de la Madrague de Giens, A. Tchernia, P. Pomey, A. Hesnard, *et alii* XXXIV supplément à *Gallia*, 1978, édition du C.N.R.S., p. 83.

(8) Il faut entendre les navires de quarante mètres de longueur de tête en tête. Cf *supra*, note 4, p.

deux premières virures proches de la quille, le galbord et le ribord, sculptés dans la masse d'un quart de tronc de mélèze (bois plus résistant que le pin) sont modelés, assemblés entre eux, assujettis à la quille par des clés chevillées depuis l'intérieur de la carène. Le charpentier, quelle que soit son habileté, ne sera pas amené à fixer la varangue avant ou après le bordé, mais simultanément en fonction des retouches à faire à l'herminette sur les bordages en place ou sur le profil de la varangue. Lorsque l'ensemble est correctement balancé et avié, le charpentier "ébéniste" songe à assujettir au moyen de chevilles métalliques, les varangues à la quille, certaines pouvant même traverser de part en part l'écart en trait de Jupiter, avant d'être matées sur rivet ou simplement recourbées sur le dos de la varangue **(photo 5)**. Quelquefois, seuls des gournables assujettissent le bordé à la varangue en s'arrêtant au droit de la quille **(note 7)**. Une troisième ou quatrième virure peut encore être posée jusqu'à l'aplomb de l'extrémité de la varangue. Les varangues peuvent être de dimensions inégales, leur longueur dépendant de "fourches" prélevées dans les branches d'arbre, orme, pin ou frêne **(figure 11)**.

La deuxième opération consiste à intercaler dans l'espace imparti entre deux varangues successives en place, soit des varangues plus longues, ou membrures-varangues, soit des demi-couples. Le un-tiers au moins de ces pièces s'appuie sur les virures précédentes et les deux-tiers dépassent sur l'extérieur. Ce sont les futurs gabarits qui vont servir à poser les prochaines virures. Des lisses planes sont plaquées contre ces éléments de couples, afin de les avier correctement. Les extrémités de ces lisses viennent aboutir en fin de course, contre l'étrave ou l'étambot, et déterminer ainsi la position de la rablure **(figure 12)**. De nouvelles virures peuvent être alors posées dont les clés seront chevillées de l'intérieur. Dans le cas où les clés à cheviller se situent à l'aplomb de membrures en place, le chevillage s'effectue alors, non pas de l'intérieur, mais de l'extérieur du bordage au moyen de tourillons épités **(figure 13, photo 6)**.



Les opérations suivantes, consistent alors à intercaler de nouveaux couples entre ceux déjà établis et à procéder comme nous venons de le décrire. Cette méthode permet de modifier en cours de route le profil de la carène, et de faire ainsi abstraction de plan.

Lorsque le bordage atteint le niveau du bouchain, des allonges de membrure sont ajoutées aux premières varangues brochées sans écart particulier. Le rôle de la membrure est étroitement lié à celui du bordé, l'un étant indispensable à l'autre, c'est le principe d'une construction alternée.

Afin de parfaire la rigidité de la carène, des pièces longitudinales, telles que carlingots, serres, sont clouées sur le dos des couples, en général au-dessus des ajouts. Après avoir ainsi assuré le fond de la carène, le charpentier peut attaquer l'édification de la muraille **(figure 14)**.

Au cours du montage du bordé chaque couple, à partir de son ascension depuis la quille, a un rôle actif de gabarit sur au moins le tiers de sa longueur. Avant que le bordé ne soit monté au niveau du pont, une préceinte basse est insérée. Il s'agit d'une virure de bordé plus épaisse en bois dur (mélèze) dont le rôle est non seulement de raidir la carène mais aussi de la renforcer contre les chocs extérieurs éventuels. Cette préceinte est généralement au niveau de la flottaison lorsque le navire est lège.

Le bordé construit jusqu'au pont est couronné, ceinturé par une nouvelle préceinte, dont le rôle est davantage affirmé. En effet, non seulement cette préceinte liaisonne tous les couples entre eux, mais reçoit également les extrémités des barrots de pont. Ces extrémités terminées par une queue d'aronde sont logées dans un adent ménagé dans l'épaisseur de la préceinte **(figure 14)**. Cette préceinte, au trois-quarts arrière, s'évase pour former une aile de protection de la mèche du gouvernail.

Le charpentier entreprend alors la construction du pont, qui est formé de larges virures de quatre centimètres d'épaisseur, trente centimètres de largeur en moyenne, clouées sur le dos des barrots. Il dispose ensuite sur ce pont, cinq surbarrots, sortes de poutres transversales dont les extrémités s'encastrent sur la préceinte **(figure 14)** : leur fonction principale est d'empêcher la carène de s'ouvrir sous l'effet de la poussée d'Archimède, témoignage du degré de technicité des charpentiers romains. Le pavois dans le prolongement du haut du bordé, ceinture la carène en prenant appui sur des jambettes, dans le prolongement des couples, en en évitant un sur deux, en moyenne.

Le charpentier couronne le pavois d'un plat bord cloué sur les extrémités supérieures des jambettes. Des pièces longitudinales dont la fonction principale est d'assurer davantage la carène, sont insérées à l'intérieur de la cale. Il s'agit notamment du massif d'emplanture, des carlingots, des serres et du vaigrage ou plancher de cale, lui-même cloué sur le dos des couples. Plus tard enfin le mât est dressé avec son gréement.

"Quelques tâtonnements ont sans doute conduit primitivement le charpentier à la réalisation d'une maquette mais par la suite les « données » de la construction se résument à celles de quelques dimensions et profils"

La description de cette dernière phase est plus ardue, car nous ne possédons à l'heure actuelle que peu d'éléments archéologiques découverts au cours de fouilles, en dehors de quelques cordages, poulies, à un, deux réas. En fait, la documentation provient surtout de sources iconographiques, telles que les stèles funéraires, les mosaïques, qui, malgré leur imprécision, demeurent des témoins précieux.

Ce procédé de construction de navires romains, très particulier au niveau de l'assemblage des virures de bordé et des couples présente plusieurs avantages ; il permet, par

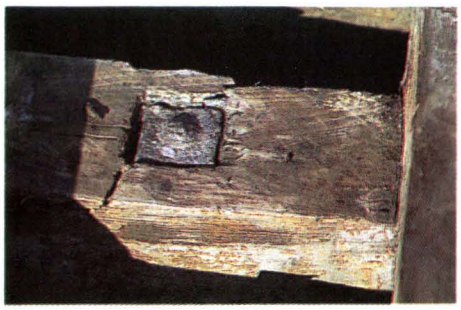
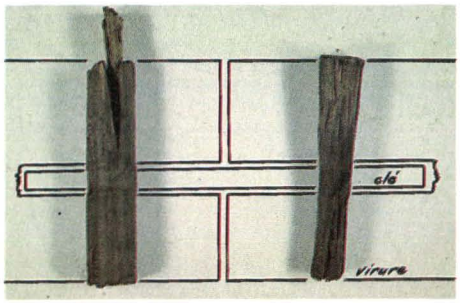


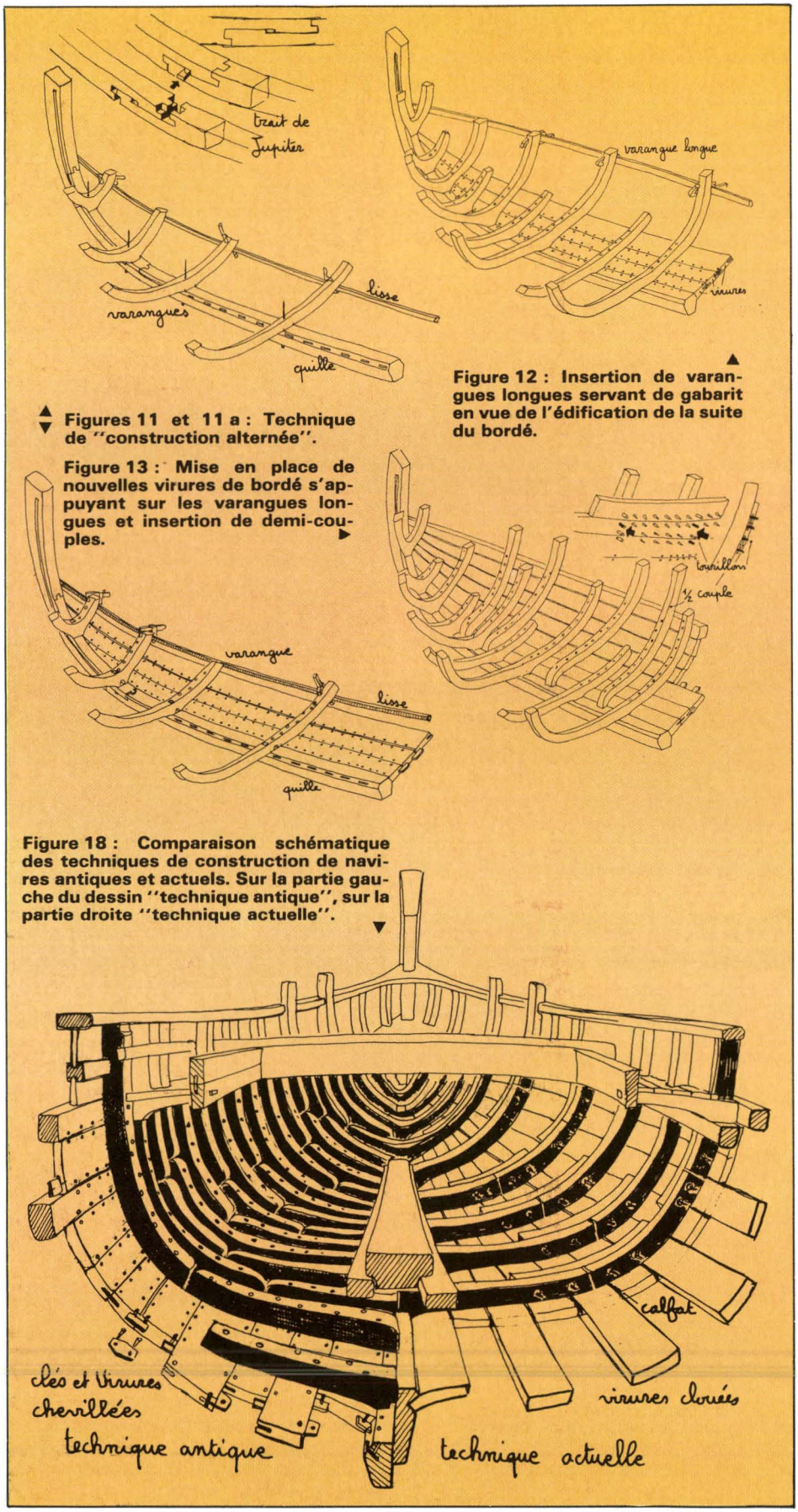
Photo 5 : Epave du navire de la Bourse dans la corne du port antique de Marseille. Dans l'axe du navire, entre deux carlingots, rivet couronnant (broche cheville métallique). Cette cheville assujettit la membrure à la quille.

Photo 6 : Deux types de chevilles de bordé. A gauche, cheville cylindrique munie épitée d'un coin ; à droite, cheville tronconique (ces chevilles sont en chêne vert).



exemple, d'employer les bois de taille modeste là où ils sont le plus nécessaires, notamment au niveau des couples ; d'autre part, la construction alternée facilite une élaboration évolutive de la carène dont la forme peut être modifiée en cours de construction. Enfin, grâce à ces procédés, les Romains, maîtres créateurs de la technique de l'assemblage et du choix d'essences appropriées, créateurs de grandes unités **(note 8)**, pouvaient s'adapter à des situations extrêmes, y compris celle de la pénurie de bois de grande taille ■

Jean-Marie Gassend



Figures 11 et 11 a : Technique de "construction alternée".

Figure 12 : Insertion de varangues longues servant de gabarit en vue de l'édification de la suite du bordé.

Figure 13 : Mise en place de nouvelles virures de bordé s'appuyant sur les varangues longues et insertion de demi-couples.

Figure 18 : Comparaison schématique des techniques de construction de navires antiques et actuels. Sur la partie gauche du dessin "technique antique", sur la partie droite "technique actuelle".

Comment aller à l'île des Embiez ?

A partir du port du Brusc, à Six-Fours-les-Plages (voir plan ci-dessous), des vedettes assurent la traversée, toutes les heures en hiver, plus fréquemment en période estivale. Les horaires sont affichés à l'embarcadère. Pour toutes précisions, téléphoner au (94) 25.02.42

Aquariums, musée

Ils sont ouverts au public toute l'année, (sauf le mercredi matin et le 1er janvier, le 25 et le 26 décembre), de 9 h à 12 h 30 et de 13 h 30 à 17 h 45. Pour les groupes, prendre rendez-vous (voir ci-dessous).

Conférences, causeries

Toute l'année, sauf l'été, elles sont proposées, sur rendez-vous, à des groupes (classes, clubs et associations, comités d'entreprise, etc.).

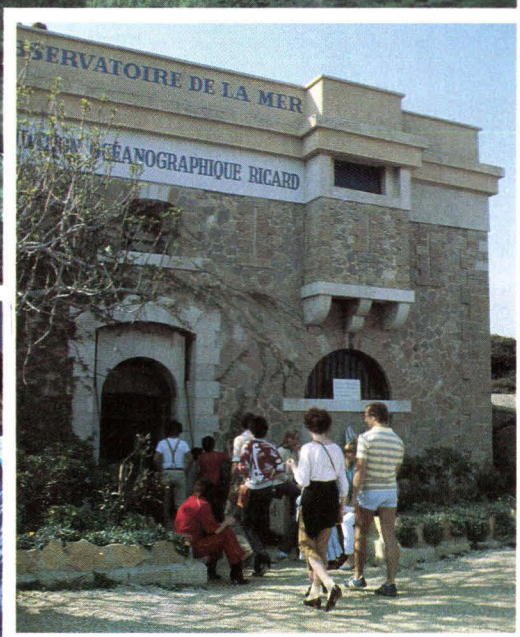
OÙ S'ADRESSER ?

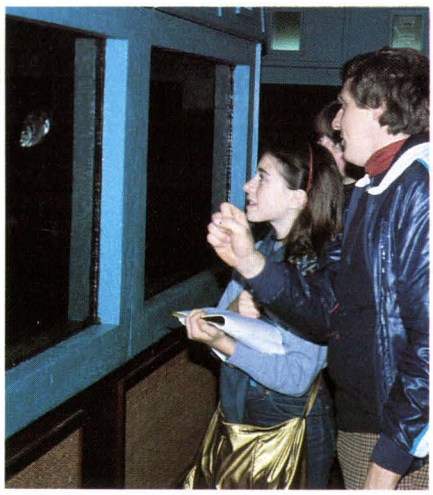
Pour la direction, l'administration, les publications, les adhésions :

FONDATION OCEANOGRAPHIQUE RICARD
81, boulevard Anatole-de-la-Forge
13014 MARSEILLE
Tél. (91) 98.12.74

Pour les aquariums, les laboratoires, les visites, les conférences :

FONDATION OCEANOGRAPHIQUE RICARD
Ile des Embiez - Le Brusc
83140 SIX-FOURS-LES-PLAGES
Tél. (94) 25.02.49-25.07.98 - 25.04.54
C.C.P. 4981-99 Marseille





Le fort Saint-Pierre de l'île des Embiez où, chaque année, plusieurs dizaines de milliers d'enfants et d'adultes visitent les aquariums et le musée.

En été, de juillet à septembre, des conférences sont proposées au public. Le programme peut être adressé sur demande au mois de juin. Pour toutes précisions sur les conférences et causeries proposées, les horaires et les tarifs, entrer en relation avec le secrétariat de l'association, à l'île des Embiez.

Stages d'aquariophilie

Sensibilisation à la faune et à la flore méditerranéennes. Sessions annuelles : printemps et automne.

Public concerné : toute personne intéressée par le thème proposé, à titre personnel ou professionnel, quelle que soit sa formation. Pour tous renseignements entrer en relation avec le secrétariat de la Fondation à Marseille.

Adhésion à la Fondation

La cotisation annuelle pour 1984 s'élève, selon la catégorie de membre à :

- Correspondant : 35 F
- Actif : 200 F
- Donateur : 1.000 F minimum.

Les adhérents actifs et donateurs ont voix délibérante aux assemblées générales.

L'adhésion donne droit à l'entrée permanente gratuite, à la visite des aquariums et du musée, ainsi qu'au service de la "Revue" et des "Notes d'information" de la Fondation.

FONDATION OCEANOGRAPHIQUE RICARD

Publications

1. PÉRIODIQUES

● **« Vie marine - Annales de la Fondation océanographique Ricard ».** Revue scientifique (Pollution - Aquaculture - Biologie marine - Ecologie marine). Le numéro annuel est complété par des numéros hors-série (thèses, etc.)

● **« Revue de la Fondation océanographique Ricard »** - Annuelle. Articles consacrés à la mer en général et notamment à la pollution, l'aquaculture, les espèces marines. Service assuré aux adhérents à jour de leur cotisation. (Les trois premiers numéros portaient le titre de « Bulletin ».)

● **« Notes d'information ».** Trois numéros par an. Compte rendu de la vie de l'association. Service assuré aux adhérents à jour de leur cotisation.

2. ÉTUDES THÈSES MÉMOIRES

● **Intérêt écologique de la lagune du Brusc,** par Nardo Vicente - Supplément N° 1 au Bulletin N° 1, 1974.

● **Culture expérimentale de mollusques bivalves.** Essais sur *Cardium glaucum,* Bruguière, 1789, par Claude Lucain et Yvan Martin. Thèse de 3e cycle. Spécialité : biologie appliquée, 1974 - Supplément N° 2 au Bulletin N° 1, 1974.

● **Effets d'une pollution alimentaire par un organochloré chez la rascasse,** *Scorpaena porcus,* Linné 1758, par Pierre Escoubet. Thèse de 3e cycle. Spécialité : biologie appliquée, 1974 - Supplément N° 3 au Bulletin N° 1, 1974.

● **Contribution à l'étude des cétacés des côtes européennes. Observations éthologiques sur les dauphins souffleurs** *(Tursiops truncatus),* par Jean-Louis Cyrus. Thèse d'université, 1975 - Supplément N° 1 au Bulletin N° 2, 1975.

● **Concept du système lysosomal chez les animaux et les végétaux.** Colloque de Cytophysiologie. Centre universitaire de Marseille-Luminy, 6 et 7 avril 1973 - Supplément N° 2 au Bulletin N° 2, 1975.

● **Les principaux émissaires en Méditerranée,** par Alain Bombard et Nardo Vicente - Supplément N° 3 au Bulletin N° 2 (préface de Paul Ricard), 1975.

● **Pour la sauvegarde de la lagune du Brusc,** par Nardo Vicente - Supplément N° 4 au Bulletin N° 2, 1975.

● **Etude des phénomènes neuroendocrines chez** *Spirorbis militaris,* **Claparède, 1870** (Polychète *Serpulidae*) par Annie Gouédard-Couadou. Thèse de 3e cycle. Spécialité : biologie appliquée, 1975. - Supplément N° 5 au Bulletin N° 2, 1975.

● **La lagune du Brusc et l'aquaculture,** par Nardo Vicente - Supplément N° 6 au Bulletin N° 2, 1975.

● **Golfe de Fos, impact de la pollution,** par P. Benon, F. Blanc, B. Bourgade, L. Charpy, R. Kantin, P. Kerambrun, M. Leveau, J.-C. Romano et D. Sautriot - Supplément N° 1 au Bulletin N° 3, 1976.

● **Rejets en mer,** par Nardo Vicente - **Epuration des eaux,** par Henri Dou - Supplément N° 2 au Bulletin N° 3, 1976.

● **Croissance de mollusques bivalves.** Etude comparée en milieu lagunaire et en bassin aménagé, par Alain Riva. Thèse de 3e cycle. Spécialité : écologie appliquée, 1976 - Supplément N° 3 au Bulletin N° 3, 1976.

● **Etude écologique et taxonomique de bactéries hétérotrophes aérobies dans un bassin d'élevage de mollusques bivalves,** par Pierre Tauveron. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des techniques agricoles (E.N.I.T.A. Dijon-Quétigny), 1976 - Supplément N° 4 au Bulletin N° 3, 1976.

● **Etude comparée des populations microplanctoniques en bassins fermés et dans la lagune du Brusc** (Var), par Patrick Lelong. Thèse de 3e cycle. Spécialité : océanologie, 1977 - Supplément N° 5 au Bulletin N° 3, 1977.

● **Il faut protéger la lagune du Brusc,** par Nardo Vicente - Supplément N° 6 au Bulletin N° 3, 1977.

● **Rôle des bactéries dans l'alimentation de larves de mollusques bivalves marins en élevages expérimentaux,** par Blandine Mengus. Thèse de 3e cycle. Spécialité : océanologie, 1978 - Supplément N° 7 au Bulletin N° 3, 1978.

● **Essai de planification écologique en milieu marin. Base d'évaluation de l'incidence des aménagements et des activités littorales sur l'environnement marin,** par Henry Augier et Nardo Vicente - Supplément N° 8 au Bulletin N° 3, 1979.

● **Essai de grossissement de deux scorpaenides de Méditerranée,** *Scorpaena porcus,* Linné 1758 et *Scorpaena ustulata,* Lowe 1840. **Eléments systématiques, écologiques et biologiques.** par Jean-Philippe Castiglia et Olivier Mouroux. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agricole (I.S.A.R.A., Lyon), 1979 - Supplément N° 9 au Bulletin N° 3, 1979.

● **Dynamique, structure et fonction des communautés bactériennes hétérotrophes aérobies associées à des cultures continues en grand volume de phytoplancton marin naturel. Relations bactéries-phytoplancton,** par Yvan Martin. Thèse d'Etat ès sciences, 1979. *Vie marine,* Hors série N° 1, 1980.

● **Pollution chimique par les métaux lourds et les composés organochlorés d'un milieu lagunaire. Lagune du Brusc-Méditerranée,** par Denise Chabert. Thèse de 3e cycle. Spécialité : chimie organique appliquée, 1979. *Vie marine,* Hors série N° 2, 1980.

● **Etude écologique d'une ancienne saline (Ile des Embiez - Var). Possibilité d'exploitation piscicole à partir des résultats obtenus après implantation d'une population de loups** (*Dicentrarchus labrax* L.), par Dominique Vitale-Lelong. Thèse de 3e cycle. Spécialité : Océanologie biologique, 1980. *Vie marine,* Hors série N° 3, 1981.

Toutes ces publications peuvent être consultées à la bibliothèque de la Fondation océanographique Ricard, à l'île des Embiez.
Certaines d'entre elles sont encore disponibles. Pour tout renseignement, écrire ou téléphoner à : Fondation océanographique Ricard, 81, boulevard Anatole-de-la-Forge - 13014 Marseille. Tél. : (91) 98.12.74.

FONDATION OCÉANOGRAPHIQUE RICARD - REVUE N° 6 - 1983