ISSN 0243-6663

OCÉANORAMA

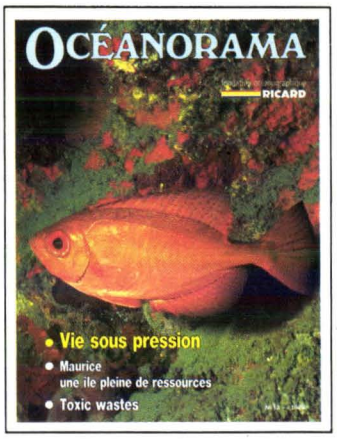
fondation océanographique
RICARD

- **Vie sous pression**
- **Maurice**
  une île pleine de ressources
- **Toxic wastes**

N° 13 — 1989

OCÉANORAMA

fondation océanographique
RICARD



Sous un surplomb corallien, un poisson-soldat, toutes nageoires déployées ***(Ph. M. Debatty).***

● La Fondation océanographique Ricard est une association sans but lucratif.

Sa revue semestrielle "Océanorama" s'adresse aux lecteurs curieux d'océanographie biologique et physique, d'archéologie, d'histoire.
Elle publie également des informations sur les activités de la Fondation.

● The "Fondation océanographique Ricard" is a non-profit making association.

Its half-yearly revue "Océanorama" appeals to readers who are interested in biological and physical oceanography, archaelogy and history.
It publishes as well information on the "Fondation" activities.

財"RICARD(リカール)海洋学協会"は
利目的の組織ではありません。

半年毎に発行される機関誌"Océanorama"
セアノラマ)は海洋に関する生物、物理、
古学又歴史等の話題を取り扱う一方、
会の活動状況の報告も行っています。

● Die "Fondation océanographique Ricard" ist eine Vereinigung ohne Gewinnalesicht.

Ihre halbjährig Zeitschrift "Océanorama", wendet sich an die neugierigen Leser, weil es ozeanische Biologie oder Physik, und Altertumskunde und Geschichtswissenschaft gibt. Sie publiziert auch Auskumft bezüglich die Activitäten der Errichtung.

إنّ هذه المؤسّسة هي جمعيّـــة
ذات غاية تجاريّة تصدر مجلّـــة
مرّتين في السّنة تسمّـــى
" OCEANORAMA "
تهمّ القرّاء المعنيين بعلـــوم
البحار البيولوجيّة والطّبيعيّـة
وكذلك بعلم الآثار والتّاريخ.
تنشر المجلّة أيضا معلومـــات
عن نشاطات وإنجازات المؤسّسة.

● La "Fondation océanographique Ricard" es una asociación sin finalidad lucrativa.

Su revista semestral "Océanorama" se dirige a los lectores curiosos de oceanografia biologica y fisica, de arqueologia, de historia.

Publica tambien informaciónes sobre las actividades de la Fundación.

● **ADMINISTRATION, PUBLICATIONS : 81, Bd ANATOLE-DE-LA-FORGE - 13014 MARSEILLE - TÉL. : 91.98.12.74**
● **AQUARIUMS, STATION MARINE : ILE DES EMBIEZ - LE BRUSC - 83140 SIX-FOURS-LES-PLAGES - TÉL. : 94.34.02.49**

ÉDITORIAL

● La révolution en marche, *par Jean-Pierre Peyret, président* 1

DOSSIER

● Vie sous pression, *par Jacques Chouteau* 3

CONNAISSANCE DE LA MER

● Fiches biologiques : le Nudibranche *Hervia costai, par Nardo Vicente* et l'Etoile de mer *Astropecten aurantiacus, par Alain Riva* 11
● Diatomées : des algues microscopiques en boîtes, *par Patrick Lelong* 13
● Algues : l'or brun et blanc des moissons de la mer, *par Christian Frasson, Pierre Arzel,* 16

RESSOURCES, POLLUTION

● Maurice : une île pleine de ressources, *par Nardo Vicente* 22
● Toxic wastes : deadly peril to the oceans, *by John C. Fine* 29

LES EMBIEZ AUX CENT VISAGES

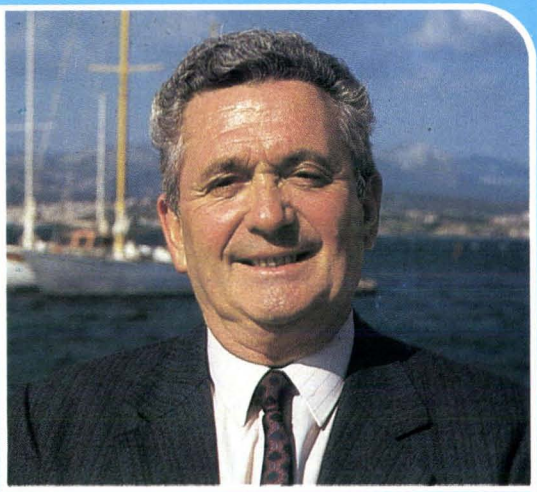
● *"L'épave des médailles", par Serge Malcor* 34

OCÉANORAMAGAZINE

● **DIRECTION DE LA PUBLICATION :** Jean-Pierre Peyret.

● **RÉDACTION EN CHEF ET MISE EN PAGE :** Christian Frasson avec la collaboration de Christine Ségui. **AUTEURS DES ILLUSTRATIONS :** Atelier Sud Vidéo (p. 14) ; O. Barbaroux - IFREMER (pp. 2, 19, 21) ; André et Andie Belcher - Fest. mond. de l'image sous-marine - 1988 (p. 39) ; Jean Dayré (p. 6) ; Marc Debatty (une, pp. 22, 25, 26) ; Elf-Aquitaine (p. 10) ; John Fine (pp. 29 à 33) ; Christian Frasson - FOR (pp. 10, 14) ; IFREMER - IGN (p. 19) ; Patrick Lelong - FOR (pp. 11, 12, 13, 15 avec M. J. Chretiennot-Dinet, pp. 35, 37, 3e de couverture) ; Serge Malcor (pp. 34, 36, 37, 38) ; A. Migliozati - Fest. mond. de l'image sous-marine - 1984 (p. 40) ; Pernod-Ricard (p. 1) Jacques Rougerie (p. 6) ; Sobalg (pp. 16, 17, 18, 20) ; Alain Tocco - COMEX (pp. 3, 7, 8, 9, 10) ; Nardo Vicente (pp. 11, 22, 23, 25, 26, 27, 28). X... (pp. 5, 29,32) ● **PHOTOCOMPOSITION :** André Achard (Marseille). ●**PHOTOGRAVURE :** SPP (Marseille). ● **IMPRESSION :** Imprimerie Ricard (Marseille). ● **DÉPÔT LÉGAL :** juin 1989.

La révolution en marche



"Si la biologie est une science de la nature, de laboratoire, la biotechnologie est, elle, une science de l'ingénieur, du bio-ingénieur : elle utilise la matière vivante pour dégrader, synthétiser et produire des matériaux (...), en vue d'une activité agronomique ou industrielle avec une bonne faisabilité et un bon rendement économique (...)".

Renée Scriban (*)

1989 : année du bicentenaire... Non seulement notre pays, mais la planète tout entière vit le début de la révolution scientifique du 3e millénaire, celle des biotechnologies. *"Carrefour des sciences"*, *"Nouvelle frontière"*, *"Révolution biologique"*, voir *"mutation"*, les mots ne semblent pas assez forts et variés pour les qualifier. *"Biotechnos"* par-ci, *"biotechnos"* par-là... On leur prête les plus grands mérites tant leur pouvoir est grand.

par Jean-Pierre Peyret, président

Chimie, pharmacie, agro-alimentaire, énergie, dépollution : aujourd'hui, rares sont les secteurs où cette science ne gagne pas du terrain. Les investissements engagés sont le plus souvent à la hauteur des espérances.

Quant aux progrès enregistrés, ils laissent deviner des résultats encore plus prometteurs. Des pays comme le Japon ne s'y trompent pas qui poursuivent, dans ce secteur, un effort soutenu depuis plusieurs années.

Je pense que notre pays ne manque pas d'atouts pour donner à cette science le rôle qu'elle devra jouer dans un avenir proche. Déjà, on voit apparaître un véritable tissu bio-industriel qui va bouleverser le paysage socio-économique et culturel de notre société.

→

(*) *"Biotechnologie"* - Technique et Documentation - Lavoisier, Paris, 1985.

La révolution en marche

→

L'association pour le développement de la bio-industrie — (ADEBIO) — s'est fixé pour mission principale de favoriser les relations entre recherche publique, industrie et groupes financiers, en vue de développer les applications des biotechnologies.

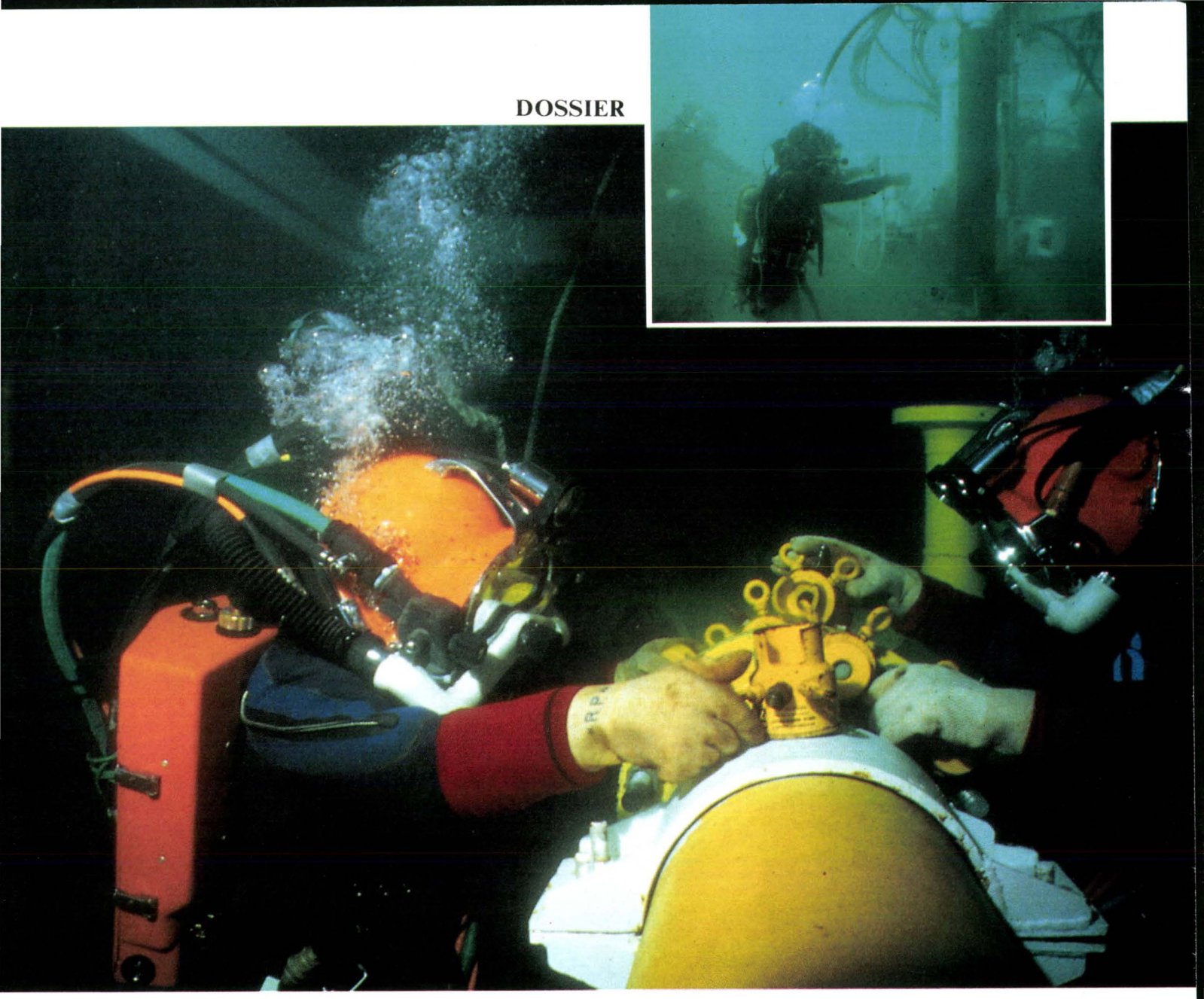
Parmi la quarantaine d'équipes qui adhèrent déjà à cette association, figure notre Fondation. Elle vient de rejoindre le groupe *"Biotechnologies marines"* tout récemment constitué.

Pour Yves Legal, professeur au Collège de France et coordonnateur de ce Groupe, il faut structurer et coordonner les différentes équipes, susciter de nouvelles collaborations, décloisonner la recherche et l'industrie travaillant dans ce domaine.

Notre équipe scientifique, dont les travaux sont principalement axés vers l'aquaculture et la dépollution, a une opportunité à saisir. Je souhaite qu'elle s'insère dans ce vaste mouvement. Pour y développer de nouveaux programmes. Bref, pour prendre la révolution en marche. ■

Jean-Pierre Peyret

Récolte d'algues *Undaria pinnatifida* à l'île d'Ouessant *(Ph. O. Barbaroux - IFREMER).*



Vie sous pression

par Jacques Chouteau
Vice-président honoraire de la Fondation océanographique Ricard

L'homme a toujours cherché à comprendre, puis à pénétrer et conquérir l'univers qui l'entoure. L'espace, directement accessible à sa vue, a d'abord retenu son attention. Il a commencé à dénombrer, classer, les millions de scintillations qui illuminent le ciel. Par ailleurs, il observait les phénomènes naturels de l'atmosphère : vents, nuages, pluies... Ainsi naquirent et se développèrent, depuis l'Antiquité, l'astronomie et la météorologie.

ILLUSTRATIONS CI-DESSUS - Des travailleurs de la mer en plongée profonde réelle. L'opération *Hydra VIII* réalisée par la COMEX a démontré que des hommes peuvent intervenir efficacement à plus de cinq cents mètres de profondeur *(Ph. Alain Tocco, COMEX).*

En revanche, la mer semblait à l'homme plus hostile. Pendant longtemps il s'est contenté de naviguer à sa surface, de récolter au bout de ses lignes ou dans ses filets des poissons et de curieuses formes...

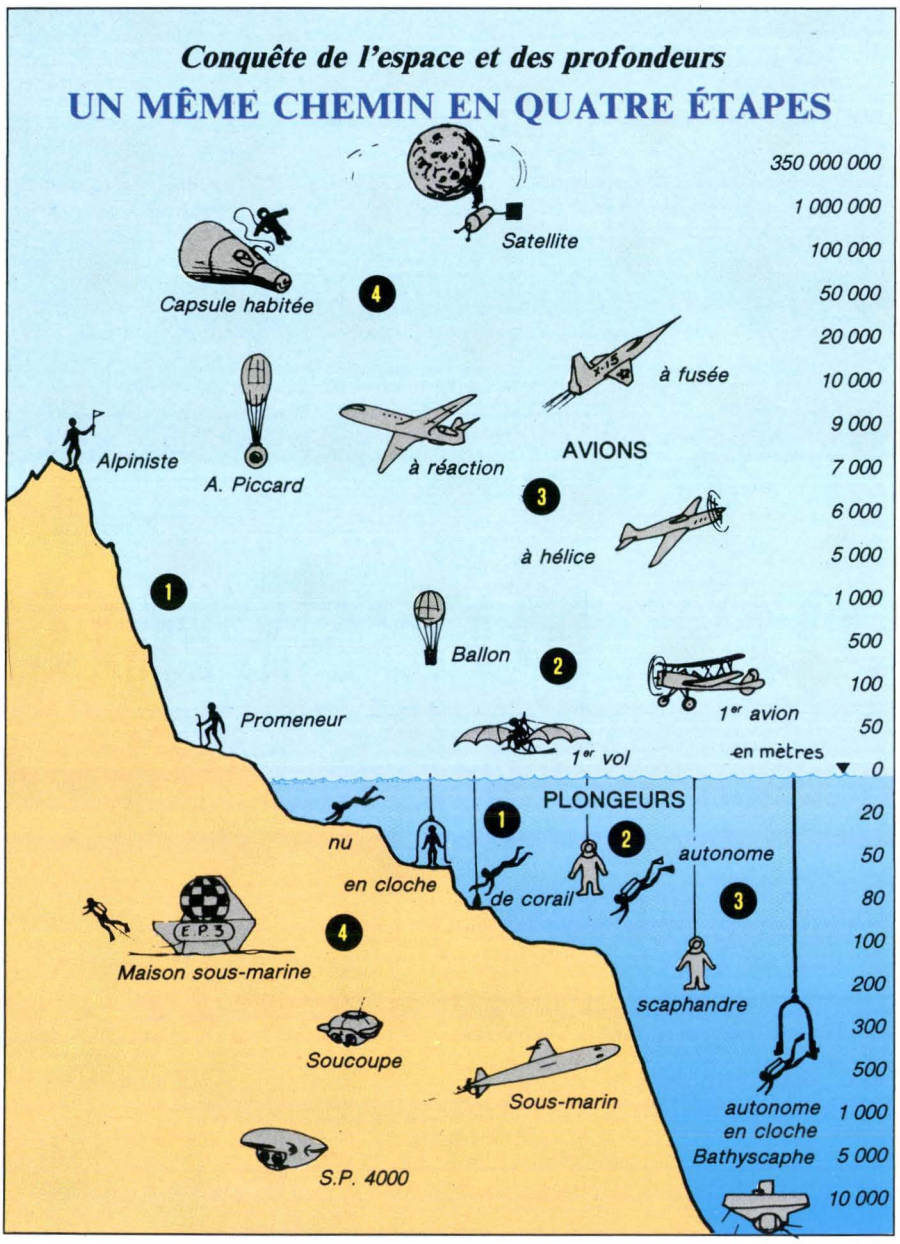
Si les règles de la navigation se sont rapidement dégagées, appuyées sur l'astronomie, la connaissance du milieu marin, l'océanographie, n'est devenue une grande discipline scientifique qu'au siècle dernier.

Malgré ces différences de maturité des sciences fondamentales de base, les conquêtes de l'espace et de la profondeur des océans ont suivi un chemin en quatre étapes assez curieusement comparables et relativement contemporaines.

Dès les premiers âges, l'homme a gravi les collines, les montagnes ; il a plongé en apnée à la recherche des éponges, du corail, des coquillages... C'est la première de ces étapes.

Premiers obstacles

La seconde étape va de l'Antiquité au début du XXème siècle : elle voit se réaliser le vieux rêve d'Icare par les progrès de l'aérostation, puis de l'aviation. Dans le domaine sous-marin, la légende d'Alexandre le Grand se concrétise par la cloche à plongeur, le scaphandre lourd à casque et, plus récemment, le scaphandre autonome.



150.000 tonnes de pression

"La pression ? Etroitement liée à la profondeur, inséparable d'elle, puisqu'elle augmente d'un kilo environ par centimètre carré tous les dix mètres. Ce qui donne quatre cents kilos à quatre mille mètres. Et quand le bathyscaphe "FNRS 3", *en février 1953, atteignit pour la première fois cette profondeur, sa cabine supportait, répartie sur sa surface externe, une pression totale de cinquante mille tonnes. Et la pression fut triple sur la sphère du* "Trieste", *parvenue, en janvier 1960, au bas de la plus profonde fosse, en supposant les surfaces égales".*

"Aquarius"
par Philippe Tailliez
Editions France-Empire (1961)

Dans les deux cas, le progrès des machines (moteur à explosion, compresseur...) est directement responsable des progrès rapides qui sont réalisés. C'est au cours de cette phase également que vont être reconnus et étudiés les premiers obstacles physiologiques.

Premières solutions

La troisième étape, tenant compte de tout ou partie de ces facteurs limitants, a cherché à minimiser ou supprimer leurs effets.

C'est pour l'espace, l'ère des avions stratosphériques et supersoniques avec respiration d'oxygène, pressurisation des cabines... Pour la plongée, l'utilisation de mélanges respiratoires synthétiques autres que l'air comprimé, d'appareils à mélanges en circuit fermé ou semi-fermé, de tourelles submersibles de décompression... permet d'augmenter la profondeur, la durée de séjour et d'améliorer les conditions de décompression.

La quatrième étape, nous la vivons depuis le premier vol orbital de Gagarine (1961) et la première maison sous la mer : *"Diogène"* (1962) (1) : c'est la conquête, l'occupation

(1) Cette expérience a été réalisée en rade de Marseille. Elle a fait vivre deux hommes durant une semaine à 10,50 m de profondeur, soit sous une pression de 2,05 bars en air comprimé.

théoriquement illimitée de l'espace et de la mer, grâce à la résolution pratique des dernières limitations à franchir.

"La Pression barométrique"

Un même homme, le physiologiste français Paul Bert, s'attaque simultanément aux deux types de problèmes : il décrit dans son ouvrage *"La Pression barométrique"* (1878), les effets physiologiques de l'anoxie (manque d'oxygène) en haute altitude, de l'hyperoxie (excès d'oxygène), de la décompression en vie sous pression et en plongée sous-marine.

Mais, malgré de nombreux progrès techniques tendant à accroître la sécurité, le confort du vol ou de la plongée, de nombreux facteurs limitent encore l'espace accessible à l'aviateur et au scaphandrier.

Pour le plongeur, c'est le fait de pénétrer dans un milieu huit cents fois plus dense que l'air atmosphérique. Ce qui impose de respirer, dans une cloche ou à travers un appareil respiratoire, un mélange de gaz comprimés dont la pression correspond à celle du milieu ambiant. Cette pression augmente proportionnellement avec la profondeur et vient s'ajouter à la pression atmosphérique (2).

Le plongeur, ou l'homme vivant en enceinte pressurisée, subit la pression d'une façon homogène extérieurement, dans ses cavités et dans tous ses tissus, la transmission s'effectuant par les parties molles incompressibles de tout l'organisme.

Effets physiologiques

Dans les conditions normales, cette pression n'est pas perçue. Elle n'est ressentie que lorsqu'elle s'exerce de façon non uniforme.

C'est le cas au niveau des cavités aériennes de l'organisme (sinus, oreille moyenne, cage thoracique...) quand l'équipression n'est pas réalisée : par exemple, lors d'une obstruction des orifices des sinus ou d'un blocage de la respiration.

Des accidents nommés barotraumatismes peuvent alors survenir, dus aux déséquilibres de pression.

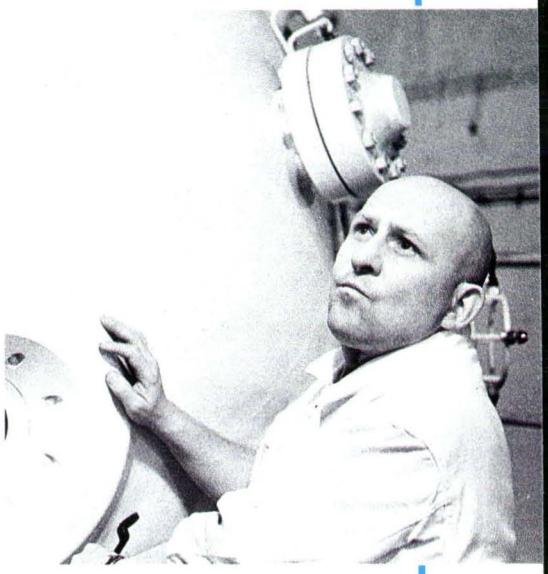
(2) Nous n'envisageons pas ici la solution de l'enceinte close (sous-marins, tourelles, soucoupes plongeantes...).

Jacques Chouteau

L'homme des extrêmes

La carrière scientifique du Pr Chouteau dans le domaine de l'hyperbarie est connue et reconnue de tous, mais certains ignorent encore son œuvre en spectroscopie moléculaire, domaine dans lequel ses travaux font toujours date.

Beaucoup croient connaître l'homme pour l'avoir côtoyé et avoir même travaillé à ses côtés, mais n'ont vu qu'une facette du personnage et n'en ont gardé qu'une image souvent très éloignée de la réalité. C'est en vivant avec les gens, en partageant leurs soucis, leur peine et leur joie, que l'on commence à les connaître vraiment.



Un abord simple et direct

Le Pr Chouteau représente un monde à part, c'est l'homme des extrêmes, du tout ou rien qui ne laisse jamais indifférent. Derrière ses petites lunettes dorées qui lui tombent sur le nez, ses yeux bleus vous regardent toujours très fixement.

Avec lui, les choses sont directes, claires et simples, même si parfois elles sont crues. Son crâne chauve renforce la rondeur et l'affabilité du personnage.

Avec sa grande voix et sa forte personnalité, c'est un homme au grand cœur, généreux et très sensible. Son abord simple et direct lui a permis de se faire très largement reconnaître et apprécier.

Homme de contact et de terrain, c'est en équipe qu'il s'est toujours le mieux exprimé, aussi bien en hyperbarie qu'en spectroscopie moléculaire. Dans ces domaines, il a placé sa confiance en de nombreuses personnes dont peu ont été véritablement dignes de cet honneur.

Son caractère impulsif débordant parfois ses pensées, son courage, sa force de travail, son rôle moteur et sa spontanéité, lui ont permis d'être un véritable chef d'équipe dans ses nombreuses entreprises. Parmi celles-ci, et sans aucun doute, le centre de spectroscopie moléculaire de la faculté des sciences et techniques de Marseille, qu'il a créé en 1960 et qui n'a cessé de se développer, constitue aujourd'hui l'œuvre dont il est le plus fier.

Sagesse, lucidité

Sa vie mouvementée et trépidante n'en est pas moins remplie de beaucoup de sagesse et d'une grande lucidité.

Il a su faire la part de ses véritables amis avec qui il aime aujourd'hui se retrouver et partager ses souvenirs. Il a su préparer la relève et léguer, pour la poursuivre dans le même esprit, l'œuvre qu'il a réalisée.

Il peut actuellement profiter d'une retraite méritée et paisible et regarder derrière lui, sans crainte aucune, ce qu'il a fait et ce qu'il a laissé. ■

Gilbert Mille
Directeur de recherche au CNRS

Les solides (os) ou liquides (sang, tissus) de l'organisme sont incompressibles et ne souffrent pas de la pression dans le domaine envisageable de la plongée, soit jusqu'à cent à cent cinquante atmosphères.

Il faut atteindre plusieurs centaines d'atmosphères pour observer des altérations de la structure des constituants cellulaires, et donc des perturbations fonctionnelles.

Ce sont surtout les gaz de l'organisme qui entraînent d'importantes modifications physiologiques. Ils peuvent se trouver à l'état libre dans diverses cavités (tractus digestif, sinus, oreille moyenne, voies respiratoires, poumons). Sous cette forme, ils suivent les lois classiques, de Boyle-Mariotte en particulier, c'est-à-dire que leur volume varie de façon inversement proportionnelle à leur pression.

Dans la plongée en apnée, il en résulte une diminution du volume thoracique, voire un collapsus complet.

Chez le plongeur en scaphandre, ces variations de volume n'affectent que des gaz occlus dans le tractus digestif ou dans son équipement, entraînant des variations de flottabilité.

Par contre, chez ce plongeur respirant en équipression, c'est la masse de gaz pulmonaires, et par suite leur densité puisque le volume ne varie pas, qui augmente proportionnellement à la pression. Ce qui entraîne ainsi une élévation importante du travail ventilatoire.

On peut y remédier en utilisant des mélanges moins denses : oxygène-hélium, par exemple : c'est ainsi qu'un mélange composé de 98 % d'hélium et 2 % d'oxygène possède à trois cents mètres une densité sensiblement identique à celle de l'air comprimé respiré à quarante mètres.

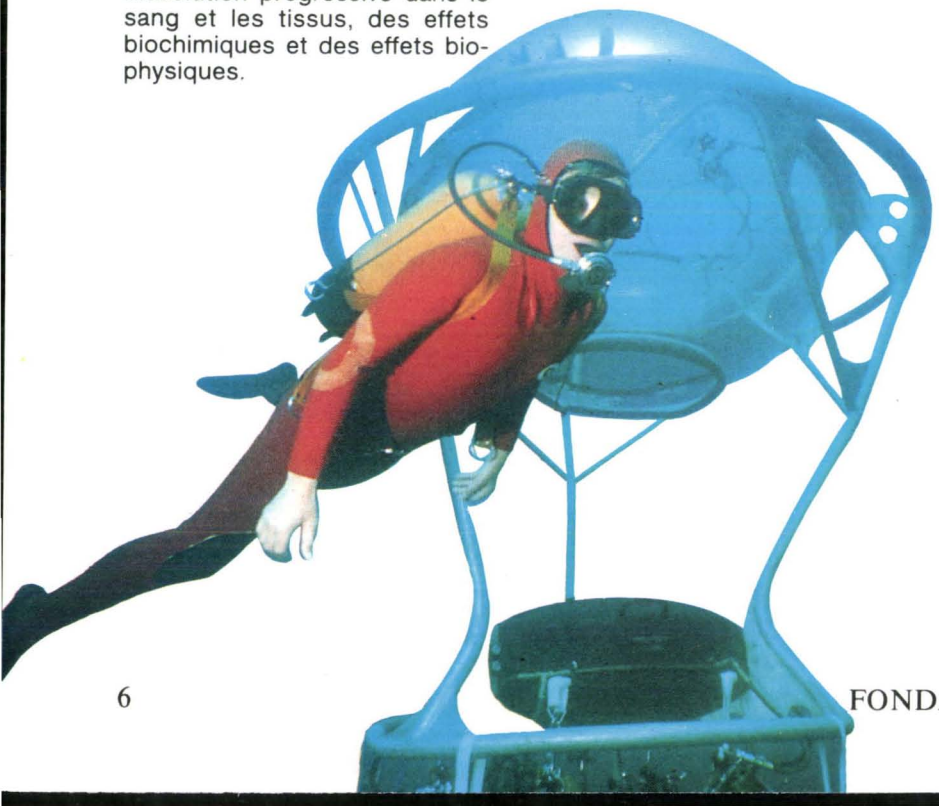
Dissolution progressive

Les gaz de l'organisme se trouvent aussi à l'état dissous ou combiné dans les liquides intra ou extracellulaires ; des échanges continuels par diffusion ont lieu entre les compartiments gazeux et les divers compartiments liquides ; ils sont conditionnés par les gradients de pression, et pourront subir des modifications sous l'influence des variations de cette pression.

La respiration de gaz sous pression entraîne, du fait de leur dissolution progressive dans le sang et les tissus, des effets biochimiques et des effets biophysiques.

Un milieu hostile, froid, pesant *(Ph. Jean Dayré).*

L'*"Aquabulle"* de Jacques Rougerie : abri sous-marin, poste d'observation pour activités professionnelles ou touristiques *(Ph. Jacques Rougerie).*



Ces effets sont liés à leur pression partielle (3), fonction directe de la pression totale et de leur fraction dans le mélange considéré.

Toxicité de l'oxygène

Les effets biochimiques de l'oxygène sont connus depuis les travaux de Paul Bert et de Lorrain-Smith.

La pression partielle d'oxygène de l'air ambiant s'élève au niveau de la mer à 0,21 Atmosphère (Ata). Elle diminue en altitude, et au contraire augmente avec la profondeur de plongée lors de la respiration d'air comprimé. La diminution de la pres-

(3) La pression partielle (Pp.) d'un gaz dans un mélange (donnée par la loi de Dalton) est celle qu'aurait ce gaz s'il occupait seul le volume total du mélange. Elle est égale à la pression totale du mélange multipliée par le pourcentage du gaz dans ce mélange. Ainsi pour l'air à la pression atmosphérique : Pp oxygène = 1 kg/cm² x 21 % = 0,21 kg/cm². Pp azote = 1 kg/cm² x 79 % = 0,79 kg/cm².

Plus de 1 200 000 tonnes de pétrole sont extraites chaque jour sous la mer *(Ph. A. Tocco, COMEX).*

sion partielle d'oxygène entraîne une anoxie pouvant aboutir à la syncope anoxique.

Inversement son élévation entraîne des troubles hyperoxiques. Si elle est aigüe, l'hyperoxie, ou effet Paul Bert, se manifeste par une crise convulsive épileptique lors de la respiration d'oxygène sous une pression supérieure à 1,7 Ata : ce qui limite la plongée à l'oxygène entre sept et dix mètres de profondeur.

"Ivresse des profondeurs"

Avec l'air comprimé où l'oxygène est dilué par de l'azote, une pression partielle d'oxygène de 2,3 Ata est toxique, limitant la plongée à l'air aux environs de cent mètres.

Il existe en outre une hyperoxie chronique, se traduisant par des lésions pulmonaires pouvant entraîner la mort. Elle apparaît lors d'une exposition prolongée à des pressions partielles d'oxygène supérieures à 0,42 Ata, et inférieures à celles conduisant à l'hyperoxie aigüe. Pour éviter ces troubles dans les plongées à grande profondeur, on diminue le taux d'oxygène du mélange pour maintenir la pression partielle dans la zone normoxique, c'est-à-dire entre 0,21 et 0,42 Ata.

Les gaz inertes diluant l'oxygène dans les mélanges respiratoires peuvent, sous pression, entraîner des troubles appelés *"Ivresse des profondeurs"*, ou, dans le cas de l'air comprimé, narcose à l'azote.

Ils sont caractérisés par un ensemble de perturbations du comportement, du jugement et de la coordination neuromusculaire. Ces troubles apparaissent à l'air comprimé vers quarante à soixante mètres.

C'est pourquoi, dès les années 1960, des chercheurs tels que le docteur Xavier Fructus, de la C.O.M.E.X., testent d'autres mélanges respiratoires. Ils s'attachent à remplacer l'azote par un gaz plus léger et optent pour l'hélium.

Grâce à ce mélange baptisé *"Heliox"*, les plongeurs atteignent deux cent cinquante mètres. Au-delà, se dresse une nouvelle barrière, d'ordre physiologique : c'est le *"syndrome nerveux des hautes pressions"*, découvert en 1968. Il se traduit notamment par des tremblements, une nette tendance à la somnolence...

L'adjonction d'une faible quantité d'azote à l'"Heliox" permet de neutraliser ce *"syndrome"*.

Grâce à ce nouveau mélange appelé *"Trimix"*, le plongeur poursuit sa descente vers les abysses. Il peut travailler efficacement jusqu'à quatre cent cinquante mètres de profondeur. Sur le plan de l'expérimentation, des records spectaculaires sont battus : en octobre 1977, un plongeur de la C.O.M.E.X. atteint 501 mètres dans la baie de Cavalaire (France).

Mais, rapidement, apparaissent les limites du *"Trimix"*. L'azote qu'il contient accroît la masse moléculaire du mélange, ce qui impose au plongeur de consacrer une grande partie de son énergie à respirer ; l'effort respiratoire est de plus en plus important au fur et à mesure que la profondeur augmente.

> "Il est plus long de "revenir sur terre" d'une saturation à moins 520 mètres que d'un voyage sur la Lune".

Dès lors, les chercheurs envisagent l'emploi du gaz le plus léger qui soit : l'hydrogène, proposé par A. Zetterström dès 1944.

Le programme de plongées expérimentales *"Hydra"*, conduit par la C.O.M.E.X. à partir de 1969, puis avec le concours de la Marine nationale et

(Ph. Alain Tocco, COMEX).

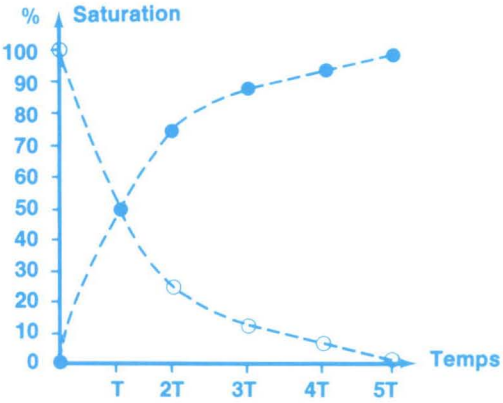
Sortie de tourelle de plongée

du C.N.R.S., a débouché sur la mise au point de mélanges respiratoires hydrogénés. En neutralisant le *"syndrome nerveux des hautes pressions"* ainsi que d'autres troubles, l'*"Hydreliox"* a rendu possible le travail de l'homme bien au-delà de la plongée à l'hélium, dans de meilleures conditions de confort et de sécurité.

Ces océanautes reçoivent, comme les cosmonautes, une formation psychologique et technique très spécialisée. Ils savent qu'il est plus long de *"revenir sur terre"* d'une saturation à moins 520 mètres que d'un voyage sur la Lune.

Saturation et décompression

Lorsqu'un plongeur s'enfonce et séjourne dans l'eau, les gaz inertes (azote, hélium, hydrogène) qui composent le mélange qu'il respire vont progressivement se dissoudre dans son sang et ses tissus ; leur solubilité est proportionnelle à la pression.



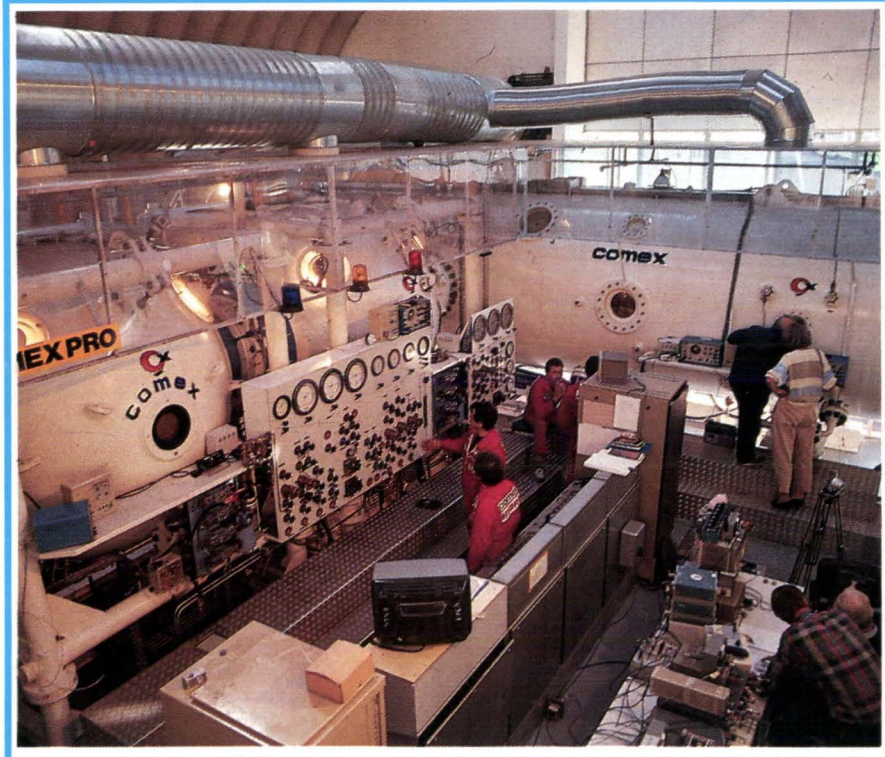
Dissolution des gaz en fonction du temps (saturation et désaturation).

Suivant la loi de Haldane, les tissus vont se saturer, la saturation complète étant atteinte en six à douze heures. Mais que se produit-il lors de la remontée du plongeur ? Les tissus vont se désaturer suivant une loi inverse, donc très lente.

Si la remontée est trop rapide, ils seront en surtension par rapport à la pression ambiante et auront tendance à se dégazer en formant des bulles gazeuses, en particulier dans le sang. Celles-ci seront à l'origine d'accidents de décompression plus ou moins graves : troubles ostéarticulaires et neurologiques. Pour les éviter, on pratique des remontées lentes par paliers, ou suivant des courbes exponentielles ou linéaires.

Malheureusement, plus les profondeurs, ou les durées de plongée (pour une même profondeur), augmentent, plus les temps de décompression, à savoir de retour en surface, sont allongés. C'est une des limitations les plus importantes de la plongée, telle qu'elle était pratiquée jusque dans les années 1960.

La plongée à saturation, proposée dès 1960 par le Dr George Bond, de l'US Navy, est basée sur le fait que la décompression est fonction directe de la quantité de gaz dissous, qui elle-même dépend de la profondeur et de la durée. Mais cette quantité ne croît pas indéfiniment : pour une profondeur donnée, il se produit une saturation des tissus. Dès qu'elle est atteinte (6 à 12 heures), la durée de décompression restera constante, quel que soit le temps supplémentaire passé au fond : heures, jours, semaines, mois. On peut alors définir le *"rendement d'une plongée"* sous forme du rap-



Vue partielle des installations du centre expérimental hyperbare de la COMEX à Marseille

"HYDRA VIII"

L'homme travaille à plus de 500 m

Cette opération représente une première mondiale : des hommes ont pu vivre, travailler à plusieurs centaines de mètres de profondeur. La mise en pression des plongeurs a duré trois jours et 22 heures.

Cette prouesse technique a été rendue possible grâce à l'emploi d'un nouveau mélange gazeux synthétique contenant un fort pourcentage d'hydrogène : *l'"Hydreliox"*.

A la pression de 50 atmosphères, ce mélange était composé de 49 % d'hydrogène, de 50,2 % d'hélium et de 0,8 % d'oxygène.

L'*"Hydreliox"* a été mis au point dans les laboratoires de la C.O.M.E.X. à Marseille après des années de recherche sur les propriétés biologiques de l'hydrogène, confirmant son absence de toxicité.

Le plongeur, soumis à des pressions considérables, et pourtant en symbiose avec son environnement, voit, avec l'hydrogène, s'étendre son champ d'action. De nouvelles possibilités industrielles, en particulier dans le domaine pétrolier sont ainsi ouvertes. ■

(Ph. Alain Tocco, COMEX)

port entre le temps de séjour au fond (donc de travail) et le temps total, c'est-à-dire le temps de séjour au fond auquel s'ajoute le temps de décompression.

La vérification expérimentale de cette manière de voir a été effectuée dès 1962, en particulier dans la série des expériences *"Précontinent"* et *"Sealab"*. Depuis lors, de nombreuses plongées à saturation ont été réalisées en Suisse, France, Angleterre et U.S.A. Sur l'homme, la profondeur record atteinte est de 534 mètres au cours de l'opération *"Hydra VIII"*, réalisée par la C.O.M.E.X. en 1988.

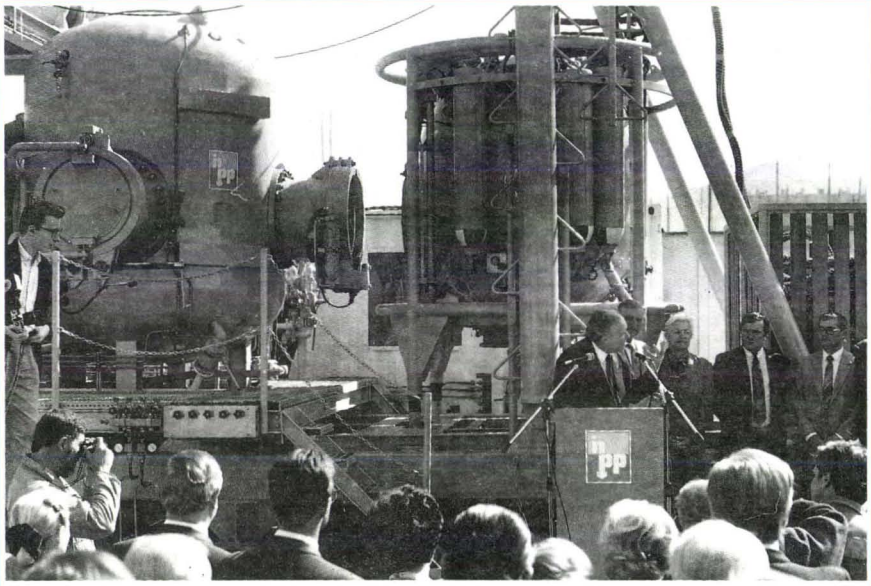
Quels que soient les mécanismes et l'interprétation que l'on donne des phénomènes expérimentaux, il semble que des profondeurs de l'ordre de six cents mètres puissent être atteintes par l'homme dans des plongées à saturation dont la durée reste encore à préciser. C'est d'ailleurs en fonction de ces résultats que l'Ifremer et la C.O.M.E.X., avec le soutien de la C.E.E., achèvent la construction du sous-marin d'assistance à grande autonomie : *"Saga"*.

Ce sous-marin, porteur d'une maison sous la mer, pourra parcourir 150 milles nautiques en immersion. Il sera capable de libérer six scaphandriers et leurs outils sur des chantiers sous-marins jusqu'à 450 mètres de profondeur, mettre en œuvre des robots inhabités jusqu'à 600 mètres.

Les plongeurs, au cours de leur mission, vivent à la pression du fond (en *"saturation"*) dans le compartiment hyperbare du sous-marin. Ils effectuent leur sortie en pleine eau, reliés au *"Saga"* par un ombilical.

Par ailleurs, d'autres techniques prendront peut être le relais de la plongée dans l'avenir. Signalons, en particulier, la respiration de liquides physiologiques, ou fluoro-carbonés suroxygénés, ou l'utilisation de membranes de perméation, permettant de soutirer de l'oxygène du milieu marin. ■

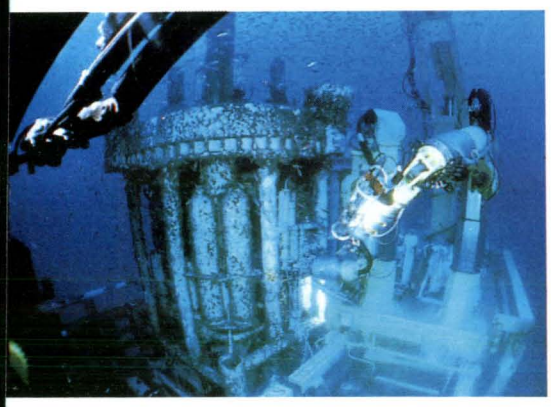
Jacques Chouteau



Du nouveau à l'I.N.P.P.

Le système de plongée à saturation 200 mètres, dont vient de se doter l'Institut national de plongée professionnelle (Marseille), est destiné à la formation. Rappelons que cet organisme a été créé en 1982 pour participer au développement des activités liées à la plongée professionnelle, à la sécurité et à l'intervention en milieu aquatique et hyperbare.

"A notre époque,* souligne son directeur, Paul Gavarry, *où l'exploitation des océans est devenue une activité d'intérêt majeur, aussi bien en exploitation pétrolière que minérale, où les problèmes techniques et scientifiques, liés aux hommes, sont de plus en plus complexes, nous agissons pour que l'I.N.P.P. apparaisse comme le support permettant la formation, la coordination et l'harmonisation des différentes équipes opérant dans ce domaine".



"Tim"*, robot de l'off-shore réalisé par Elf-Aquitaine, peut intervenir jusqu'à six cents mètres de profondeur *(Ph. Elf-Aquitaine).

Le sous-marin "Saga" *(Ph. Alain Tocco, COMEX).*

FICHE BIOLOGIQUE

Ph. N. Vicente

Nudibranche

Hervia costai

SYSTÉMATIQUE — Mollusques, Gastéropodes, Opisthobranches (cœur en arrière de la branchie), Nudibranches Aelodiens (branchies à nu sur le dos par rapport aux Tectibranches qui possèdent une coquille). Famille des Facelinidae. *Hervia costai* Haefelfinger, 1960 (= *Caloria maculata* Trinchèse, 1888).

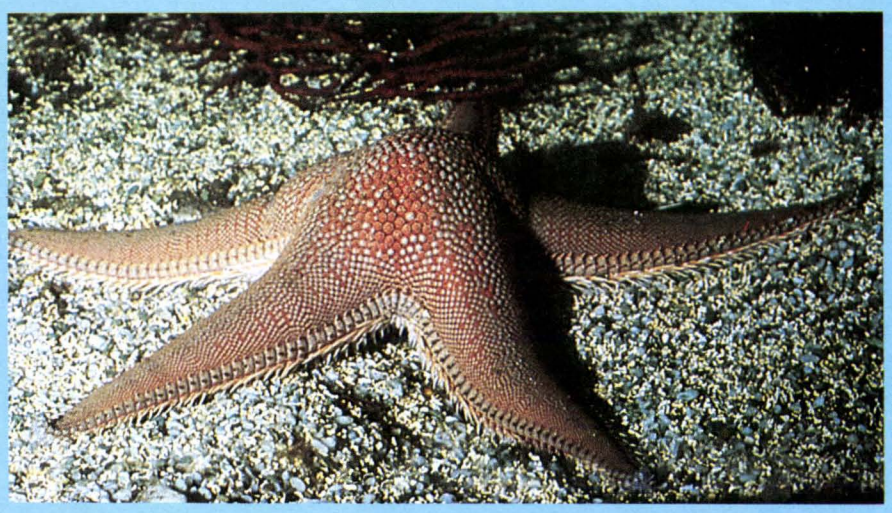
Nom vernaculaire : Limace de mer.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE — Les Nudibranches sont fréquents en Méditerranée sur les tombants coralligènes. Ils existent dans toutes les mers du Globe. Les plus beaux se rencontrent dans les pays tropicaux sur les récifs coralliens notamment. Mais ils peuvent vivre également dans les mers polaires où ils sont toutefois moins colorés.

HABITAT — Les *Hervia* se rencontrent sur les dalles et les tombants rocheux dans les eaux claires et bien oxygénées où croissent les Hydraires dont elles se nourrissent. C'est surtout dans les dix premiers mètres de profondeur qu'on peut les observer en plongée.

DESCRIPTION — Ces petites limaces élégantes de dix à trente millimètres de long sont caractérisées par un corps hyalin très élancé, effilé vers l'arrière qui constitue la queue. A l'avant, deux paires de tentacules, la première très effilée blanc nacré, dans ▶

FICHE BIOLOGIQUE



Ph. P. Lelong

Etoile de mer

Astropecten aurantiacus

SYSTÉMATIQUE - Embranchement des Echinodermes (embranchement uniquement marin) ; sous-embranchement des *Asterozoa* (connu depuis l'ordovicien) : classe des Astérides : ordre des Paxillosides : famille des Astropectinidae (Gray) : genre *Astropecten* (Linck, 1733) : espèce *Aurantiacus* (Linné, 1897, P. 3, pl. II, fig. 1-2 : Koehler, 1921, p. 44, fig. 32.).

Noms vernaculaires : Astérie, Astérie dentelée, Grande Etoile de mer.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE - Très répandue en Méditerranée occidentale, de Banyuls à Menton, aux Baléares, sur les côtes d'Algérie ; commune dans l'Adriatique, signalée en Méditerranée orientale (Beyrouth).
Dans l'Atlantique, on la rencontre depuis les côtes du Portugal jusqu'aux Canaries et Madère, mais elle ne remonte pas dans le golfe de Gascogne.

HABITAT - Cette espèce vit dans les sols sablonneux et dans les prairies de zostères, de cinq à cinquante mètres de profondeur, et même jusqu'à cent mètres. Elle s'enfouit dans le sable, et seul le contour de son corps reste alors visible.

DESCRIPTION - Par sa grande taille (jusqu'à cinquante-cinq centimètres de diamètre), *A. aurantiacus* se distingue de tous les autres *Astropecten* des mers d'Europe (cinq espèces) : seul *Tethyaster subinermis* atteint des dimensions analogues.

Le corps de l'animal, à symétrie radiaire pentamérique, est très robuste : les bras rigides supportent, longitudinalement, des rangées régulières de forts piquants coniques (deux adambulacraires externes et trois internes). ▶

Hervia costai
(suite)

le prolongement du corps, la deuxième dressée est constituée de deux tentacules olfactifs : les rhinophores, également longs et effilés. La bouche est située au sommet d'une sorte de mufle, bordé de deux palpes labiaux.

En avant des rhinophores, on remarque deux taches orangées caractéristiques de *Hervia costai.* A la base des rhinophores, les yeux (deux petits points noirs) sont situés sous le tégument au contact des ganglions nerveux et visibles par transparence.

Sur le corps, de part et d'autre, les branchies en forme de papilles grêles sont réparties en bouquets (six à huit groupes). Dans les papilles, et par transparence, on aperçoit des ramifications du foie de couleur orangé roux, l'extrémité pointue des papilles est ponctuée de blanc nacré.

REPRODUCTION, CROISSANCE — Les limaces de mer comme tous les Gastéropodes Opisthobranches sont hermaphrodites. L'accouplement se fait tête-bêche par accolement au niveau de deux papilles génitales situées sur le côté droit au niveau des rhinophores. Les deux individus échangent leurs spermatozoïdes qui sont stockés dans une vésicule séminale.

Lorsque les œufs sont sur le point d'être pondus, ils sont fécondés au passage près de la vésicule. La ponte est constituée par un cordon gélatineux secrété par l'oviducte. Il renferme des milliers d'œufs. De forme festonnée, elle est déposée par l'animal sur les rameaux de l'Hydraire (sur la photo). Les œufs se développent en quinze jours et donnent une larve véligère planctonique qui se métamorphosera pour donner un petit Nudibranche.

NOURRITURE — Les Nudibranches se nourrissent des Hydraires sur lesquels ils vivent *(Eudendrium ramosum).*

Ces Coelenterés renferment dans leur tégument des cellules urticantes (les cnidocystes) secrétant un venin (l'actinocongestine) contre lequel les Nudibranches sont immunisés. De ce fait, ils peuvent stocker les cellules urticantes dans une poche située sous le sommet de chaque papille branchiale : le cnidosac.

Les cnidocystes qui arrivent intacts par les diverticules hépatiques, sont emmagasinés dans ce cnidosac. Le Nudibranche peut les utiliser pour sa propre défense et reconstitue le stock en broutant les hydraires à l'aide de sa radula, sorte de rape constituée d'un ruban souvent très long renfermant de nombreuses petites dents de quelques microns de long.

PRÉDATEURS — Grâce à leur système de défense, les Nudibranches repoussent les prédateurs. Ils possèdent d'ailleurs un autre atout, ils ont mauvais goût à cause d'une sécrétion élaborée par une glande associée au rein. Il est courant d'observer des poissons ingurgitant par mégarde des Nudibranches et les recrachant presque aussitôt.

ACCLIMATATION EN AQUARIUM — Les Nudibranches, souvent très colorés, sont du plus heureux effet dans un aquarium. Mais leur vie est courte : de quelques mois à un an. Pour les conserver, il convient de leur donner une nourriture adaptée et donc de renouveler assez souvent les Hydraires prélevés en plongée. ■

Nardo Vicente

Astropecten aurantiacus
(suite)

Lorsque l'Etoile est vivante, sa face dorsale *(en gros plan sur la photographie ci-contre)* offre une teinte orangée plus ou moins rouge avec des taches jaunes. Sur sa face ventrale, les tubes ambulacraires (ou *podies*) sont jaunes ou d'un gris jaunâtre très clair et sont dépourvus de ventouses contrairement à d'autres astéroïdes.

NOURRITURE - L'espèce est carnivore et macrophage : elle se nourrit essentiellement de mollusques et de déchets divers. L'appareil digestif comprend de nombreux diverticules ramifiés dans les bras.

Le contact avec la proie s'effectue sans inversion de l'estomac. Les petits coquillages bivalves peuvent être ingérés entiers et se retrouver au niveau des bras (ils peuvent se percevoir au toucher).

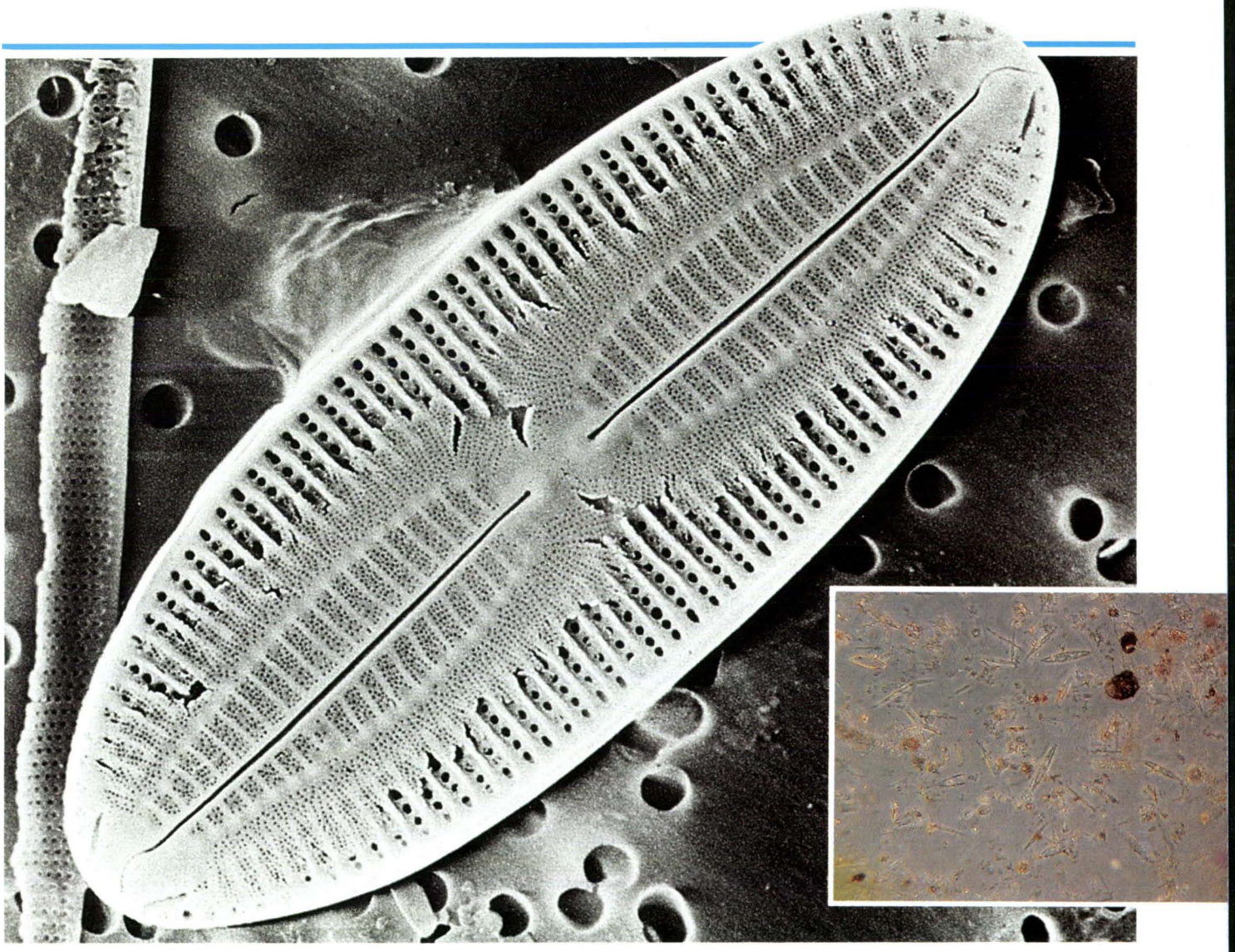
BIOLOGIE - La locomotion est assurée par les *podies*, prolongement du système aquifère, formé de réseaux de canaux internes parcourus par un courant d'eau. Ce système est alimenté par un orifice pourvu d'une plaque filtrante : la plaque madréporique. Lors du déplacement, la turgescence des *podies* est obtenue par la pression de l'eau dans le système aquifère.

La respiration est assurée par des *papules* épidermiques et les podies.

Les appareils génitaux sont réduits aux gonades et dépourvus d'organe copulateur, la fécondation étant externe. La larve évolue en type *auricularia* par opposition au type *Pluteus* des oursins. ■

Alain Riva

Ph. P. Lelong



Diatomées

Des algues microscopiques en boîtes

par Patrick Lelong
Fondation océanographique Ricard

On trouve très souvent dans la nature des choses admirables : couchers de soleil, aurores boréales, roches ou cristaux, animaux ou végétaux. Mais il est quelquefois nécessaire d'utiliser certains artifices pour pouvoir découvrir ces merveilles et c'est le cas des diatomées. Les diatomées, ou Bacillariophyceae, sont des algues unicellulaires (formées d'une seule cellule) qui peuvent néanmoins s'associer et vivre en colonies. Ce sont des végétaux. Comme eux, elles produisent de la matière organique et libèrent de l'oxygène en absorbant de l'eau, des sels minéraux et du gaz carbonique grâce à l'énergie lumineuse (photosynthèse).

ILLUSTRATIONS CI-DESSUS — Diatomée pennée *Navicula forcipata* en microscopie électronique à balayage (longueur : 26,8 µm - largeur : 10 µm) - Vue valvaire. On voit très bien le raphé, les stries transversales formées de pores arrondis. Ces stries sont interrompues de chaque côté du raphé par une aire hyaline lyriforme qui est très visible en microscopie optique. Par contre la structure secondaire très finement ponctuée (le conopeum) n'est visible qu'en microscopie électronique. En médaillon, échantillon de plancton observé au microscope optique.

Dans le milieu marin, les diatomées forment le premier maillon de la chaîne alimentaire et l'essentiel des organismes qui y vivent en dépend donc, directement ou indirectement. On les trouve également dans les eaux douces ou saumâtres et tous les lieux humides, soit dans les couches superficielles de l'eau (plancton), soit sur le fond (benthos). A condition que le milieu leur soit favorable et qu'elles disposent de suffisamment d'énergie lumineuse.

Les diatomées ont une taille très petite (d'un millimètre à quelques microns) ; leur observation ne peut se faire qu'avec un microscope optique ou mieux avec un microscope électronique à balayage qui pourra révéler les détails de leur structure.

Les cellules des diatomées sont recouvertes d'une sorte de carapace imprégnée de silice appelée le *frustule.* Celui-ci peut être comparé à une boîte composée de deux *valves* (le fond et le couvercle) réunies par des *ceintures* ou *bandes connectives.* Les valves, et quelquefois les ceintures, sont ornementées de pores, de stries, d'épines... qui caractérisent chaque espèce. Cette ornementation présente une symétrie rayonnante ou concentrique chez les *diatomées centriques,* alors que les *diatomées pennées* présentent une symétrie bilatérale. ■

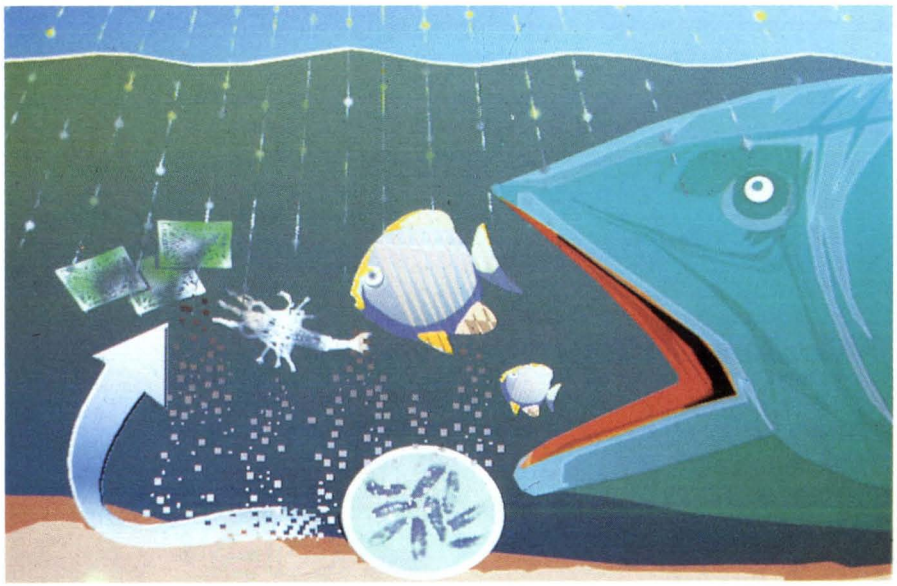
Patrick Lelong

DIGEST

DIATOMS

Diatoms (or Bacillariophyceae) are unicellular algae which live in any damp environment. In the marine environment they form the first link in the food chain.

The light microscope, or even better, the scanning electron microscope allows the structure of these small cells to be discovered (to one millimetre and a few microns). They are covered in a kind of carapace permeated with silica (frustule) which looks like a box composed of two valves joined by girdles. The frustule has a characteristic ornementation for each species. On the centric diatoms it represents a radial or concentric symmetry and on the pennate diatoms a bilateral symmetry. ■



Les diatomées forment le premier maillon de la chaîne alimentaire marine *(Image Atelier Sud Vidéo).*

Comment produire du plancton ?

L'auteur de l'article, Patrick Lelong, étudie depuis de nombreuses années les populations de plancton végétal de la lagune du Brusc qui alimente la station expérimentale d'aquaculture de la Fondation océanographique Ricard (île des Embiez - Var). Ses travaux entrent dans le cadre d'une thèse d'état et il s'affirme comme l'un des spécialistes français sur ce groupe particulièrement important : les diatomées.

Ces algues phytoplanctoniques sont à la base de la chaîne alimentaire dans le milieu marin. Lorsque les conditions sont favorables (énergie lumineuse suffisante et apport naturel ou artificiel de sels minéraux nutritifs), elles se multiplient, mais pas toutes à la même vitesse ou au même moment, ce qui provoque des successions d'espèces. Les recherches portent sur ces successions et les facteurs qui influencent le développement ou la disparition de ces espèces et notamment l'influence de leur taille. Pour cela, il est également nécessaire de faire de la systématique et il y a dans la lagune du Brusc quelques espèces peu ou pas connues qu'il convient d'étudier de façon précise.

Photos microscopie optique : P. Lelong sur microscope Olympus BH2. Photos microscopie électronique à balayage : P. Lelong et M.J. Chretiennot-Dinet (C.R.E.M.A. L'Houmeau) sur Cambridge Stéréoscan SM 200.

POUR EN SAVOIR PLUS

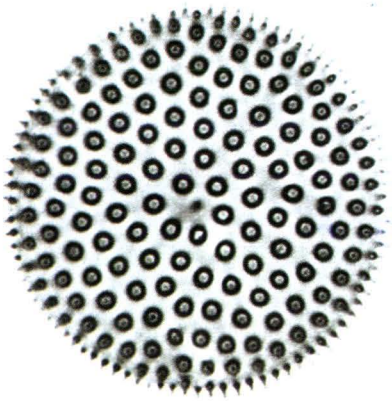
BOUGIS P., 1974 - Ecologie du plancton marin. Tome 1. Le Phytoplancton. Masson et Cie, Paris. 196 pages.

TREGOUBOFF G., et ROSE M., 1957 - Manuel de planctonologie méditerranéenne. CNRS Paris. Tome 1 : 587 pages. Tome 2 : 207 planches.

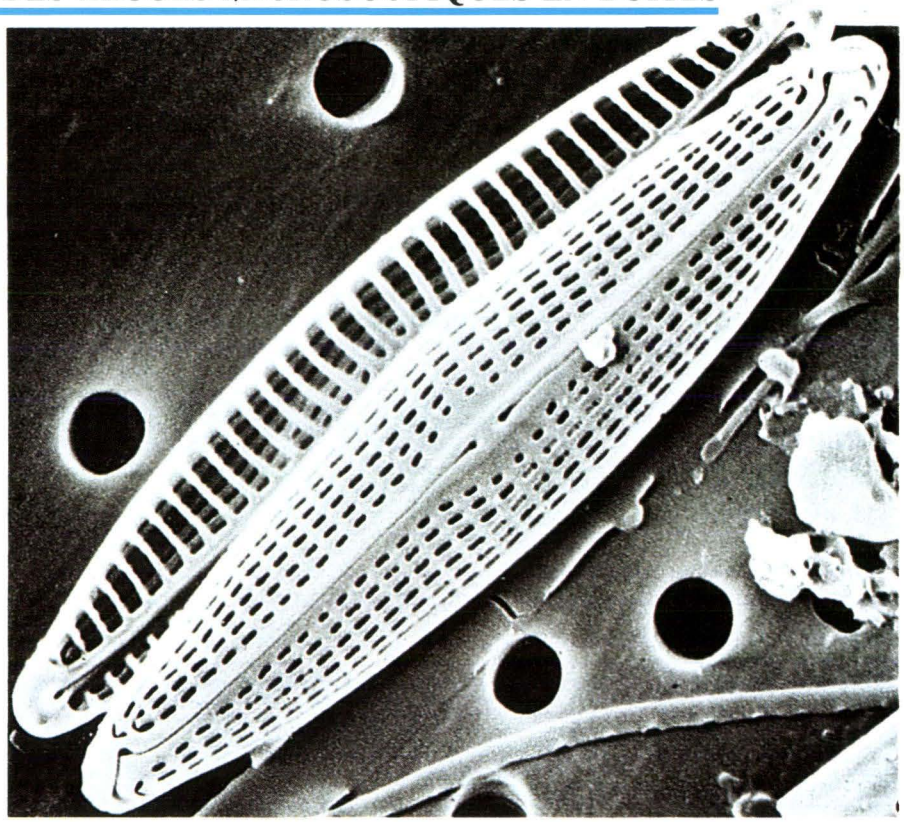
WERNER D., 1977 - The biology of diatoms. Botanical monographs. Vol. 13. Blackwell scientific publications, Oxford. 498 pages.

GERMAIN H., 1981 - Flore des diatomées Diatomophycées des eaux douces et saumâtres du massif Armoricain et des contrées voisines d'Europe occidentale. Coll. Faunes et flores actuelles. Boubée, Paris. 444 pages.

RICARD M., 1987- Diatomophycées. Atlas du phytoplancton marin. 2. A. Sournia (Ed.), CNRS Paris. 297 pages. ■

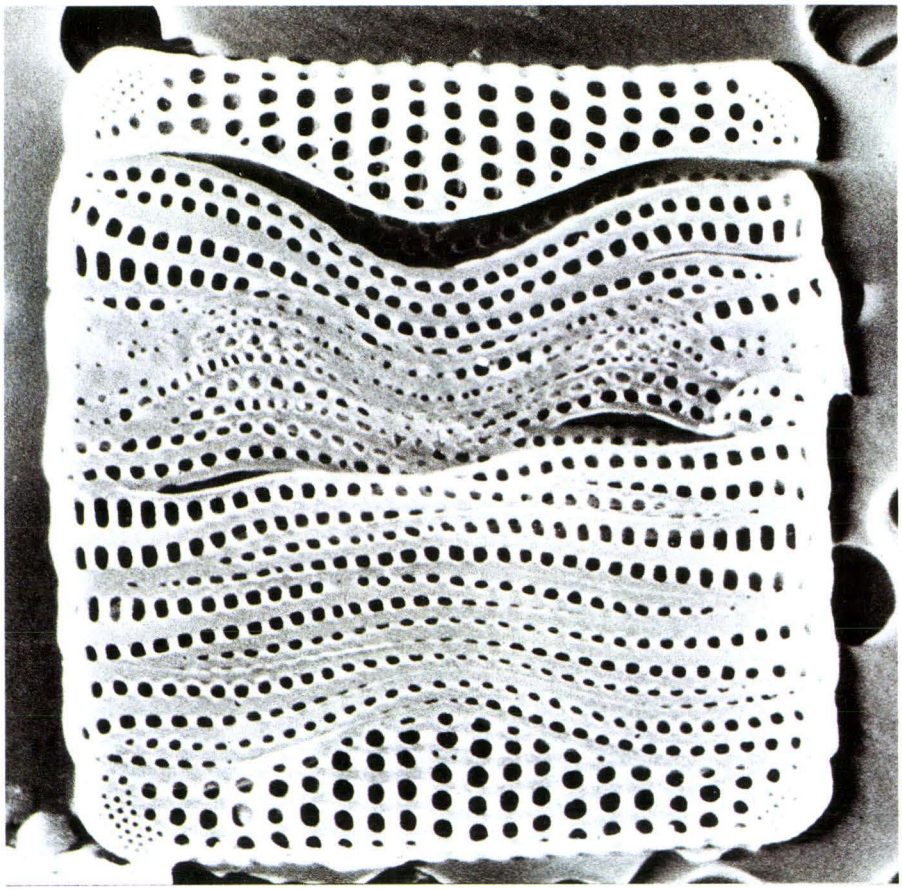


Diatomée centrique. *Coscinodiscus nitidus* en microscopie optique (diamètre : 27 µm) - Valve circulaire recouverte de granules de taille variable devenant très petits et formant des lignes radiales sur les bords.



Diatomée pennée du genre *Navicula* en microscopie électronique à balayage (longueur : 12,4 µm - largeur : 2,6 µm) - Vue valvaire (vue de dessus) des deux valves. La valve supérieure en vue externe et l'inférieure en vue interne. Chaque valve est séparée en deux par le raphé qui est une fente qui permet la communication entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule. Ce raphé est séparé en deux par le nodule central (épaississement de la paroi siliceuse) et se termine à chaque extrémité de la valve au niveau des nodules apicaux. Les pores, qui s'ouvrent à l'intérieur et à l'extérieur de la valve, forment une ponctuation disposée en stries transversales et en lignes longitudinales.

Diatomée pennée *Striatella delicatula* en microscopie électronique à balayage (longueur : 7,2 µm - épaisseur : 7,9 µm) - Vue connective (vue de côté). La ponctuation des deux valves (en haut et en bas) forme des stries transversales. Aux extrémités se trouvent des pores plus petits composant les champs apicaux. Entre les deux valves se situent des ceintures ou bandes connectives également ponctuées chez cette espèce.



LE MONDE DES DIATOMISTES

L'Association des diatomistes de langue française (A.D.L.A.F.) regroupe une centaine de personnes travaillant sur les diatomées , surtout d'Europe, mais aussi du Canada, d'Israël et d'Afrique du Nord. Beaucoup sont des chercheurs, mais il y a aussi quelques amateurs qui s'intéressent à ces algues microscopiques pour leur beauté. Il y a différents domaines : écologie, systématique, paléontologie pour les diatomées d'eau douce ou marines.

Une réunion annuelle permet de présenter les travaux des différents membres et d'échanger informations, conseils. Ils ont un travail commun : réaliser un glossaire des termes utilisés en écologie des diatomées *pour essayer de clarifier et proposer des définitions précises concernant des termes utilisés de façons différentes par certains auteurs.* ■

Algues

L'or brun et blanc des mois

par Christian Frasson, Pierre Arzel
Fondation océanographique Ricard, Centre IFREMER de Brest

Curieux spectacle vu du littoral breton en fleurs ! Ces bateaux qui entrent au port, noyés en partie sous un monceau d'algues brunâtres. C'est ainsi chaque année, de mai à octobre, au rythme des marées. Environ soixante-dix navires "moissonnent" les prairies sous-marines de la côte du Finistère. Vertes, rouges, brunes... La quasi totalité de la production française d'algues provient de cette portion de côte qui s'allonge du Conquet à Roscoff.

ILLUSTRATIONS CI-DESSUS — Bateau goémonier de retour au port. Les Laminaires (en médaillon) constituent des prairies de plusieurs kilomètres carrés *(Ph. Sobalg).*

sons de la mer

Les pays maritimes du nord de l'Europe, et principalement la Bretagne, possèdent en commun une longue tradition d'utilisation des algues. Et d'abord alimentaire : les populations d'Armorique se nourrissaient, dit-on, de *"gâteaux de goémon"*. A base d'algues trempées dans du lait bouillant, ils étaient comparables à des sortes de flans après refroidissement.

L'emploi d'algues comme engrais ou en amendement de sols est beaucoup plus connu, leur teneur en azote, potasse et matière organique, formant des compléments essentiels pour les cultures. On sait moins que, desséchées, elles servaient à confectionner matelas et traversins. Excellentes litières pour les animaux, les Laminaires ont même constitué un précieux fourrage pour les chevaux de la Première Guerre mondiale.

A côté de ces utilisations directes des algues, les progrès de la chimie ont ouvert une nouvelle voie à leur exploitation. Il s'agit de l'extraction de certains éléments minéraux qu'elles renferment : en particulier, la potasse et l'iode, découvert par Bernard Courtois en 1811.

De nouveaux débouchés

C'est l'époque où une multitude de petites usines s'implantent dans la lande bretonne. De 1838 à 1935, la production d'iode passe de quatre à près de soixante-dix tonnes. D'abord artisanale, cette activité se hisse au niveau industriel, avant de s'éteindre dans les années 1960.

L'exploitation des algues suit alors une nouvelle évolution qui lui permet d'entrer dans le monde moderne. Performante, innovante, l'industrie alimentaire découvre et offre de nouveaux débouchés à certains composants principaux des algues.

Trois grandes familles de phycocolloïdes, ces substances épaississantes et gélifiantes extraites d'algues, sont à l'heure actuelle exploitées industriellement : ce sont les alginates, les carraghénanes et les agars. Alors que les alginates sont des extraits d'algues brunes, les autres substances sont issues d'algues rouges.

La *"Rolls Royce des algues"*

Cet article sera plus particulièrement axé sur les algues brunes, et en particulier la Laminaire *Laminaria digitata*. Cette espèce est la plus ramassée en Bretagne. C'est *"la Rolls Royce des algues"*, selon Alain Madec, de la Société bretonne des algues et colloïdes (Sobalg).

Cette algue appartient à la famille des Laminariacées. Elle présente à sa base une partie grêle, cylindrique, qui est fixée à la roche par des crampons. La partie foliacée est aplatie en rubans simples ou rameux de couleur jaune ou brun.

Les Laminaires sont communes dans toutes les mers du globe. Elles forment des prairies de plusieurs kilomètres carrés par quatre à cinq mètres de fond.

En France, le plus grand champ de *Laminaria digitata* est celui du plateau de Molène, près de l'île du même nom, entre Ouessant et la pointe Saint-Mathieu.

Pendant la marée, les bateaux récolteurs (douze mètres pour les plus grandes unités) se positionnent sur les champs d'algues. A bord, le goémonier déploie le *"skoubidou"*, long bras télescopique prolongé par un crochet tournant sous l'eau. Les

algues sont arrachées (1) de la roche et s'enroulent autour du *"skoubidou"*. A chaque fois, vingt à trente kilos de Laminaires sont remontés à la surface avant d'être déroulés à l'aplomb de la cale. Par jour et par bateau, environ dix tonnes sont récoltées pendant la campagne qui dure six mois.

Goémoniers et industriels sont regroupés au sein du Comité interprofessionnel des algues marines (C.I.A.M.). Chaque année, ils fixent de concert les conditions d'exploitation de la récolte à venir (quantité, prix à la tonne d'algues...), en tenant compte des besoins de chacun et de l'état global de la ressource. A ce propos, depuis une dizaine d'années, des scientifiques de l'Ifremer assurent, en liaison avec les professionnels, un suivi des champs d'algues et de leur exploitation. Ils proposent un mode de gestion rationnelle de cette ressource.

Le *"skoubidou"* est composé d'une grue et d'un crochet sur lequel s'enroulent les algues *(Ph. Sobalg)*.

Les programmes développés peuvent être regroupés en quatre grands thèmes : progrès de l'algoculture, valorisations nouvelles, phénomènes de prolifération algale et environnement, exploitation et cartographie (2).

(1) Autrefois, en Bretagne, les algues n'étaient pas arrachées mais coupées sous l'eau grâce à un long manche muni d'une faucille en son bout. L'outil de coupe, la guillotine, est manœuvré presque comme une faux.

(2) René Perez et Patrick Durand, du Centre Ifremer de Nantes ; Alain Menesguen, Jean-Yves Piriou, Thomas Belsher, Pierre Arzel de l'Ifremer-Brest sont en charge de ces différents projets.

Déchargement au port — Les camions équipés de puissantes grues acheminent les algues vers les usines de transformation *(Ph. Sobalg)*.

Un mode de gestion rationnelle

La connaissance conjuguée du suivi de l'exploitation de la ressource, de la biologie de l'espèce et l'utilisation de la cartographie permettent d'aboutir à des propositions de gestion rationnelle de l'algue Laminaria digitata.

• **RÉGULATION DE L'EFFORT.** En début de saison de récolte, la teneur en acide alginique de l'espèce est faible. Il importe de limiter les apports à ce moment et de ne libérer l'exploitation qu'à partir du moment où la maturité de la plante sera obtenue.

• **LIMITATION DU STOCK DISPONIBLE.** La côte de Bretagne Nord peut fournir entre 55 et 60 000 tonnes de *Laminaria digitata*. Il importe d'exploiter ce stock dans les meilleures conditions sur le plan écologique et économique. La ressource est à son plein développement en été. La récolte s'étendra du 15 mai au 15 octobre. Il est inutile de mettre en service un nombre exagéré de bateaux. La flottille est limitée à 75 unités grâce à un système de licence.

• **EFFET DE L'EXPLOITATION SUR LA RESSOURCE.** Coupe ou arrachage ? Les études ont montré que la restauration du champ d'algues se faisait dans les mêmes délais après l'un ou l'autre type de récolte. L'arrachage, assurant de meilleurs rendements, est donc autorisé. De plus, l'outil d'arrachage est sélectif : il épargne les plants de taille inférieure à soixante centimètres. Il y a donc protection du recrutement et l'on préconise de laisser sur les fonds deux tiers de la biomasse en place.

A quel âge arracher ? Il serait souhaitable de mettre en place une rotation de l'exploitation permettant de travailler sur des peuplements âgés de trois ans. En fait, dans de nombreuses zones, celles où l'exploitation est la plus forte, ce n'est pas envisageable économiquement et socialement parlant. La solution retenue consiste en un redéploiement des flottilles. L'organisation professionnelle aide les goémoniers qui exploitent les champs d'algues les plus éloignés. ■

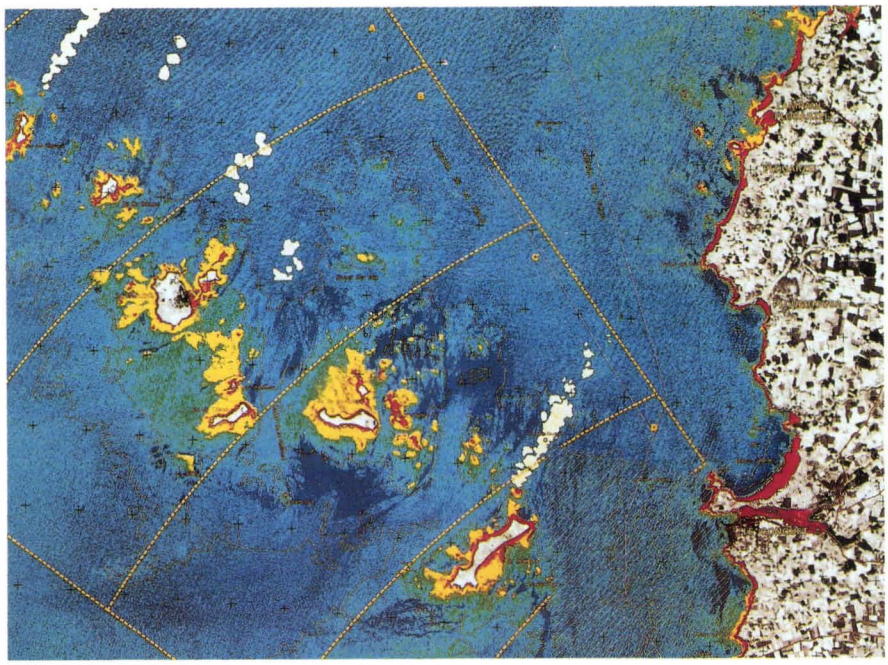
Pierre Arzel
Ifremer - Brest

Les algues vues du ciel

Initié par l'Ifremer, le programme "P.E.P.S-VEG.MA" d'évaluation préliminaire du satellite SPOT sur les végétaux marins, s'avère riche d'enseignements et de documents scientifiques inédits.

Sur une zone d'intérêt économique, l'exploitation de l'image SPOT permet de dresser la première carte qualitative et quantitative d'une ressource renouvelable et d'accès difficile : sur des secteurs lointains et fragiles, elle apporte la vision globale nécessaire à la protection d'un écosystème menacé. Ces documents valorisent les données disparates existantes sur ces secteurs, accumulées à grand peine au cours des années.

D'après Thomas Belsher, du centre de Brest de l'Ifremer, et responsable du "P.E.P.S-VEG.MA", les données acquises montrent que les superficies occupées par les végétaux marins en Bretagne Nord et, par là-même, le stock exploitable, a été largement surévalué, d'au moins deux fois. Quant à Laminaria digitata, *principale espèce exploitée de la couverture végétale de l'archipel de Molène, elle représenterait 18,37 km, soit 28,3 % du secteur traité.* ■



Carte du découvert végétal marin de l'archipel de Molène (échelle 1/25 000e). En jaune : végétation intertidale dense. Près de 23 000 tonnes de Laminaires ont été récoltées dans cette zone en 1985 *(Doc. IFREMER - IGN).*

Une fine poudre blanche

Depuis plusieurs années, la production française de *Laminaria digitata* se stabilise aux environs de 60.000 tonnes par an avec un chiffre-record de 66.000 tonnes en 1986.

Deux entreprises principales se partagent actuellement le marché, représentant à elles seules 88 % des algues ramassées. L'une d'elles, la Société bretonne des algues et colloïdes (Groupe Grindsted), est implantée à Landerneau : l'autre, SANOFI S.A. (Elf Aquitaine), à Lannilis.

Exploitation traditionnelle d'algues à l'Aber-Wrac'h (Finistère Nord) *(Ph. O. Barbaroux - IFREMER).*

L'acide alginique constitue le produit de base de l'industrie des alginates C'est une fine poudre blanche qui est souvent appelée l'*"or blanc"* tant ses applications sont nombreuses et variées.

Dans l'industrie alimentaire, les alginates sont d'excellents agents de texture avec des propriétés gélifiantes, stabilisantes et épaississantes. Ils entrent dans la fabrication de nombreux produits de grande consommation. Et il faut reconnaître qu'on les absorbe le plus souvent sans le savoir. Ils sont, en effet, cachés derrière l'anonymat des noms de codes de la nomenclature européenne. Ainsi, l'acide alginique est codifié E 400, l'alginate de sodium E 401 et l'alginate de Calcium E 404.

Mais, contrairement à ce que l'on pense en général, l'alimentation ne représente pas le secteur le plus important du marché des alginates.

Avec 50 %, le textile arrive largement en tête. Les autres parts de marché touchent de multiples secteurs d'activités : une centaine de produits classés en différents groupes et séries en fonction de leur utilisation sont, par exemple, proposés par la Sobalg. Et certains sont même réalisés à la commande. Du

sur mesure en quelque sorte, avec des viscosités et des granulométries diverses qui répondent à des besoins précis.

Avec 2.500 tonnes d'alginates par an, la production française représente respectivement onze pour cent et huit pour cent des productions occidentale et mondiale. Elle se situe après les Etats-Unis (6.000 t), le Royaume Uni (5.000 t), la Norvège (4.000 t), le Japon (3.000 t) et loin derrière la Chine (10.000).

"Dans ce pays, note Joseph Le Grill, directeur de la Sobalg, *la production des alginates n'a commencé qu'en 1975 avec la création d'une première usine. En 1986, on comptait déjà trente et une usines produisant dix mille tonnes d'alginates. Dans le même temps, le marché des alginates a peu évolué et reste à 23.000 tonnes environ. Il en résulte aujourd'hui une surcapacité de production de près de quarante pour cent par rapport aux besoins du marché.*

Les alginates chinois sur le

L'acide alginique produit de base

En France, le développement rapide et considérable de l'industrie des alginates a imposé, il y a une dizaine d'années, de nouvelles techniques d'extraction. Révolue l'époque des Laminaires étalées sur la dune où elles séchaient avant exploitation. Elles sont maintenant transformées en frais : immédiatement pendant la période de récolte, ou hors campagne, après traitement de conservation.

L'alternance de bains acides et basiques constitue le principe de base de l'extraction de l'acide alginique.

La première opération s'appelle la lixiviation : après broyage en petits carrés de dix centimètres de côté, les algues sont trempées dans un bain d'acide sulfurique. Quasiment tous les composants minéraux disparaissent, en particulier le calcium. Restent toutes les matières protéiques, cellulosiques et tous les alginates, principalement.

Les alginates sont des polysaccharides complexes, c'est-à-dire des glucides formés d'un très grand nombre d'oses, de véritables "chaînes de sucres".

Après déminéralisation, les algues sont plongées dans un bain de carbonate de sodium. C'est la macération. Elles se désagrègent, se liquéfient pour donner une bouillie visqueuse vert clair. Au cours de cette deuxième opération en milieu basique, les alginates se transforment en alginates de sodium.

Reste à séparer les matières cellulosiques et protéiques des alginates de sodium. Cette opération, appelée flottation, constitue la phase critique.

Elle permet d'obtenir un surnageant composé de matières cellulosiques en suspension dans l'alginate de sodium dilué. Cet alginate dilué est récupéré par filtration : puis il subit une précipitation dans un bain d'acide sulfurique pour donner l'acide alginique pur et blanc. C'est le produit de base. Il va servir à la fabrication de différents alginates par ajout de différents sels : sodium, ammonium, potassium, magnésium... ■

La Sobalg, installée à Landerneau, est l'une des deux principales entreprises transformatrices d'algues brunes en France. Ci-dessus, l'acide alginique pur et blanc, le produit de base *(Ph. Sobalg).*

LE MARCHÉ DES ALGINATES		
SECTEURS	**PARTS DE MARCHÉ**	**APPLICATIONS**
TEXTILE	50 %	Stabilisant dans l'apprêt et l'impression des tissus.
ALIMENTATION	30 %	Epaississant et gélifiant dans les produits laitiers, sauces, desserts, fruits, légumes, viandes, poissons reconstitués...
DIVERS	15 %	Couchage du papier, électrodes de soudure, moulages de vifs, latex, cuirs, céramiques, horticulture, peinture...
PHARMACIE	5 %	Délitant dans les cachets et médicaments gélifiant pour les moulages et empreintes.

Récolte d'algues *Undaria* sur l'étang de Thau. Au laboratoire, on maîtrise, au stade microscopique, le cycle de développement de cette espèce et de *Laminaria (Ph. O. Barbaroux - IFREMER).*

marché européen représentent environ 5.000 tonnes vendues à des prix inférieurs à nos coûts de production. Cette concurrence pose un grave problème (3).

Le maintien de notre compétitivité passe par une réduction sensible des coûts de production, l'amélioration de la qualité, la recherche d'applications nouvelles et de débouchés nouveaux."

Sans doute la culture des algues permettra-t-elle de répondre, du moins en partie, et dans les années à venir, aux inquiétudes des professionnels.

Pour les algues brunes, seules les espèces *Laminaria* et *Undaria* sont cultivées à grande échelle dans le monde.

En Chine, *Laminaria japonica*, qui est surtout utilisée en alimentation humaine (le *"kombu"* des Japonais) occupe plus de dix huit mille hectares et la production annuelle dépasse... le million de tonnes.

(3) A noter, toutefois, que la Chine n'est quasiment plus présente depuis une année sur le marché. On attribue cette absence à des maladies qui se seraient développées dans les champs d'algues, ou pour d'autres causes inconnues.

"Éponges biologiques"

Les algues vivent en symbiose avec la mer. Souvent qualifiées d'"éponges biologiques", *elles puisent dans l'océan et concentrent en elles des matières organiques et minérales, des oligo-éléments, des vitamines en quantité importante, très supérieure à celle des plantes terrestres (mille fois plus pour l'iode, cent fois pour le calcium...). D'autre part, les algues sont les seules sources végétales de vitamines B 12.*

Quant à *Undaria pinnatifida*, c'est une des algues alimentaires parmi les plus consommées au Japon (le *"wakamé"*), explique Jean-Yves Floc'h de la faculté des sciences de Brest. Elle se cultive selon les mêmes méthodes que *Laminaria japonica*.

La technique progresse à grands pas. Au laboratoire, on sait multiplier indéfiniment, par voie végétative, le stade microscopique du cycle de développement d'*Undaria* et de *Laminaria* en agissant sur la température et la lumière. C'est la phase *"free-living"* qui sert de réserve de semences et qui permet déjà des manipulations génétiques visant à améliorer les espèces.

La culture expérimentale conduite par l'Ifremer à Ouessant, vise le marché du *"wakamé"*. Des études techniques, économiques et d'impact écologique sont actuellement en cours. Quant aux premiers résultats, ils sont déjà prometteurs. ■

Christian Frasson

POUR EN SAVOIR PLUS

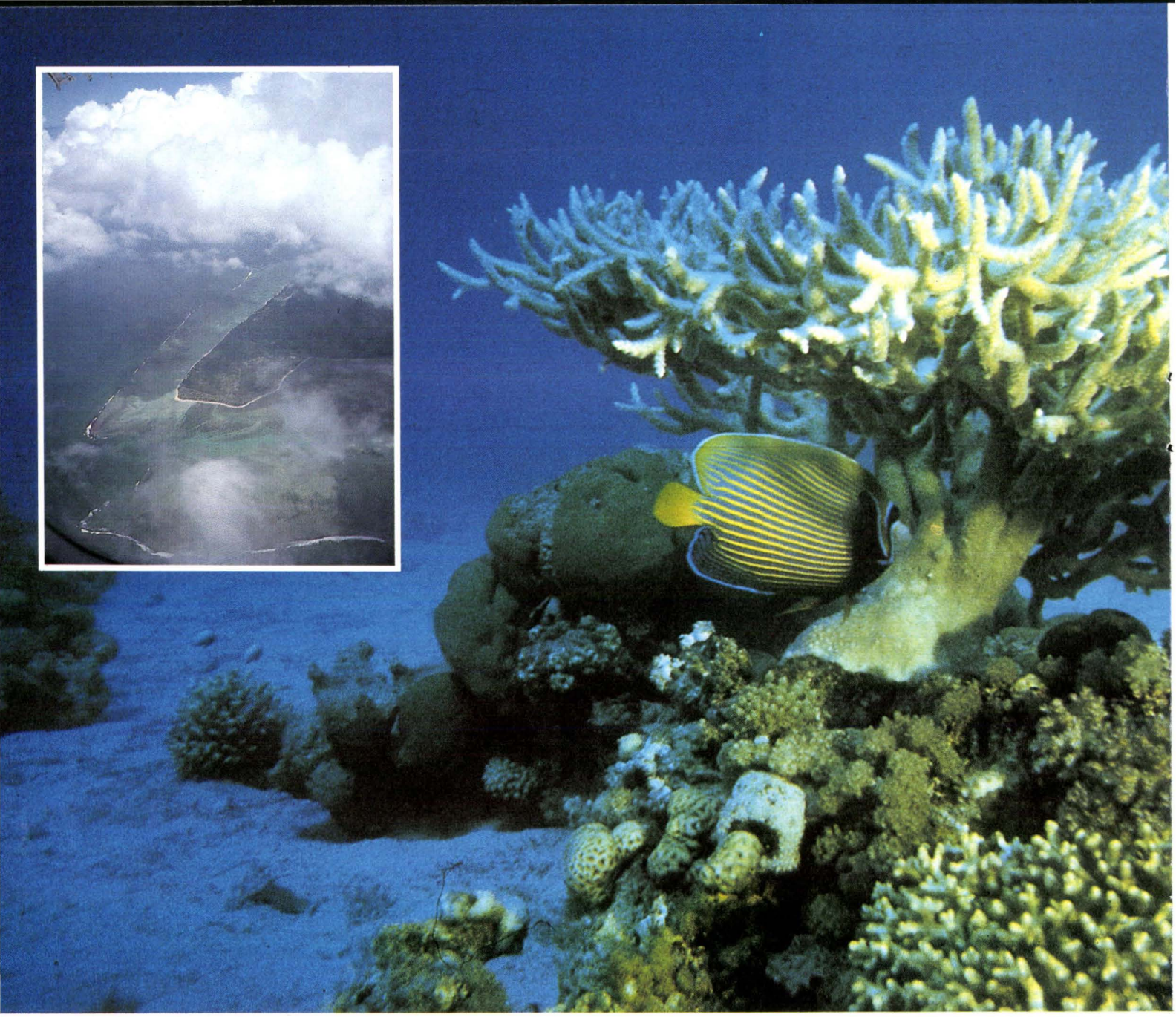
ARZEL P., 1987 - Les goémoniers, l'Estran Ed., Douarnenez, 305 pages.

BELSHER T., 1984 - Etude bibliographique de quelques espèces planctoniques et benthiques littorales de la Manche. Vol. 4 : espèces phytobenthiques. Ifremer Brest, DERO/EL, 207 pages.

Collectif d'auteurs, 1987 - Symposium sur les algues marines, C.C.I. Brest, U.B.O. Brest, 63 pages.

GAYRAL P., 1975 - Les algues : morphologie, cytologie, reproduction, écologie. Douin Ed., 166 pages.

RIBIER J. et GODINEAU J.-C., 1984 - Les algues, Flammarion Ed., Paris, 281 pages.



Maurice : une île pleine de

par Nardo Vicente
responsable scientifique de la Fondation océanographique Ricard

ILLUSTRATIONS CI-DESSUS — Sous cet Acropore branchu et sur fond de sable corallien, le plus beau des poissons de récif : le Pomacanthus imperator (Ange de mer impérial). En médaillon, vue aérienne du sud-ouest de l'île Maurice : Le Grand Morne qui figure parmi les plus beaux sites touristiques de l'île, bordé d'un récif corallien frangeant *(Ph. Marc Debatty et Nardo Vicente).*

L'île Maurice, un anneau corallien de 240 kilomètres, fait rêver tous les touristes du monde et notamment les Français, les plus nombreux à la fréquenter. En effet, cette île de l'océan Indien, à quelque 1.200 kilomètres de la France, est en quelque sorte la Corse des Réunionnais. Elle n'est distante, il est vrai, de ce département français d'outre-mer que de 250 kilomètres. L'attrait, c'est avant tout le lagon et le récif qui entourent presque en totalité cette île d'origine volcanique.

SAISON DES PLUIES ET SAISON "FROIDE"

Le climat, très doux tout au long de l'année, a une influence sur le développement des formations coralliennes : la température ne présente qu'une amplitude annuelle de 5°, avec une moyenne de 24°8 à Port Louis, la capitale. Il existe une alternance d'une saison des pluies avec de fortes chaleurs de novembre à mai et d'une saison dite froide et relativement sèche de juin à octobre. Cependant, l'effet régulateur des grandes masses océaniques environnantes atténue le caractère tropical.

L'archipel des Mascareignes dont fait partie Maurice est soumis à des périodes de grandes dépressions barométriques et la proximité de l'équateur a pour effet de resserrer le diamètre des dépressions et d'augmenter leur vitesse de rotation, ce qui va provoquer des cyclones. Les vents peuvent atteindre deux cents à deux cent cinquante kilomètres à l'heure, déchaînant des houles de cinq à sept mètres de hauteur et provoquant de fortes précipitations qui atteignent mille à mille quatre cents millimètres de pluie en vingt-quatre heures. Ils provoquent des dégâts considérables, déracinant les cocotiers, brisant et retournant les blocs de coraux et perturbant leur équilibre. Fort heureusement, il n'y a qu'un cyclone important tous les quinze ans.

ressources

L'île Maurice est située entre 19°40 et 21°7 sud de latitude et 55°13 et 61°10 de longitude est.

Sa superficie est de 1 865 kilomètres carrés.

Lorsqu'on survole Maurice à faible altitude en provenance de La Réunion, ce qui frappe tout d'abord, ce sont les immenses tas de blocs basaltiques rassemblés au cours des âges, d'abord par la main de l'homme et maintenant à l'aide de bulldozers. Ils constituent de véritables pyramides au beau milieu des champs de canne à sucre qui couvrent quatre-vingt-cinq pour cent des terres. Ils sont peu à peu envahis par les herbes folles qui les recouvrent d'une parure verdoyante, rappellant parfois quelque temple aztèque . Ces blocs continueront à occuper des générations d'un peuple de *remueurs de cailloux* pour permettre à la canne à sucre d'être leur principale ressource.

Un paradis corallien fragile

L'autre spectacle qui s'offre à l'observateur aérien, c'est bien sûr la couronne récifale et l'écume frangeante vers le front récifal, aussi blanche que le sable des plages coralliennes.

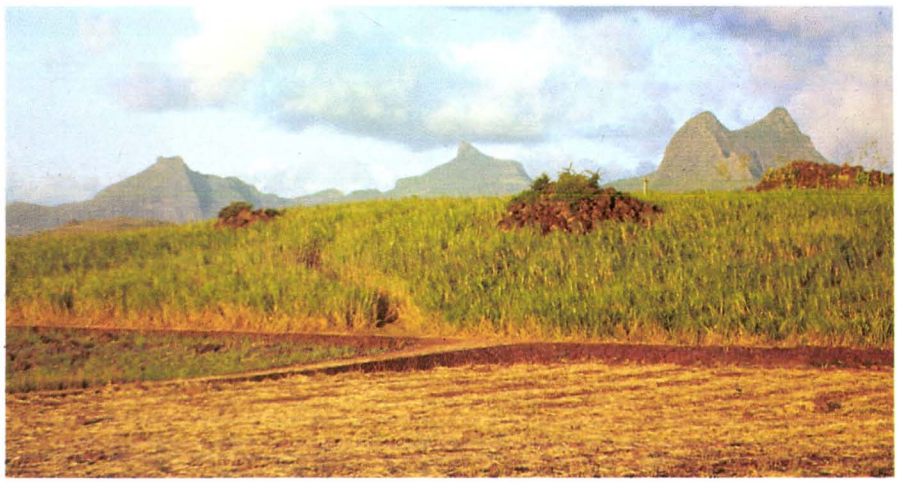
La surface récifale est de 300 kilomètres carrés pour deux cents kilomètres de circonférence.

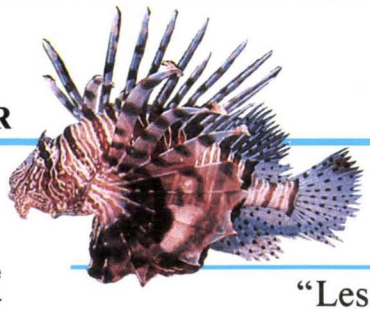
Les lagons les plus larges sont situés sur la côte est où de nombreux îlots constituent un support favorable au développement des récifs vers le large.

Du point de vue morphologique, on rencontre à Maurice à peu près tous les types de récifs : frangeants, barrières et internes. Ils sont absents aux embouchures des principaux fleuves, bien qu'on puisse les trouver quelquefois à proximité du débouché de certaines rivières comme c'est le cas à la Pointe aux Piments, au nord de Port Louis, où ils se développent dans la baie aux Tortues, au débouché de la rivière Citron qui traverse le village de Pamplemousses.

Là, au lieu-dit *"La Solitude"*, une raffinerie de sucre a pollué pendant des années la rivière et l'impact sur le récif était des plus néfastes. Au-

Paysage typique de l'Ile Maurice. Au milieu des champs de canne à sucre, les blocs de basalte, regroupés au cours des âges, constituent de véritables pyramides. Au fond, les sommets déchiquetés de l'ancien volcan *(Ph. N. Vicente).*





jourd'hui, cinq ans après la fermeture de l'entreprise, les coraux renaissent, se développant par-dessus le socle mort et érodé. Tout ceci est de bon augure et démontre que lorsque cessent les nuisances, la vie reprend toujours le dessus.

Tout au long du littoral, des plages de sable corallien s'étalent à perte de vue : les baigneurs peuvent se protéger des rayons de soleil à l'ombre des filaos, conifères à aiguilles qui frémissent sous l'action des alizés. Les plages sont protégées de la houle par le récif et son front plus ou moins distant de la côte où vient se briser la vague.

Ces récifs sont frangeants entre la pointe aux Piments et le Trou aux Biches, et séparés de la côte par un lagon étroit. Ils constituent une barrière au nord, entre le cap Malheureux et les Roches Noires, ou encore entre le Trou d'Eau Douce et la pointe d'Esny. Ici, le lagon est très large et au niveau de la baie de Mahébourg, il peut dépasser les sept kilomètres. Quant à la profondeur des lagons, elle n'excède pas un à deux mètres en moyenne. Cependant, dans les passes, celle-ci peut atteindre dix à vingt mètres, permettant l'arrivée de gros bateaux.

Les eaux bleu turquoise du lagon recèlent un spectacle féérique partout où la pollution n'agit pas encore : car, hélas ! comme dans tous les pays du globe, elle existe là aussi. C'est pourtant un des plus beaux endroits au monde pour pratiquer la plongée sous-marine.

> "Les poissons multicolores qui fréquentent les coraux font l'objet d'une pêche artisanale et à l'aide de harpons ou encore, hélas ! à la dynamite".

Ressources multiples

Les ressources du lagon sont multiples. Parmi les coraux variés, on peut distinguer :

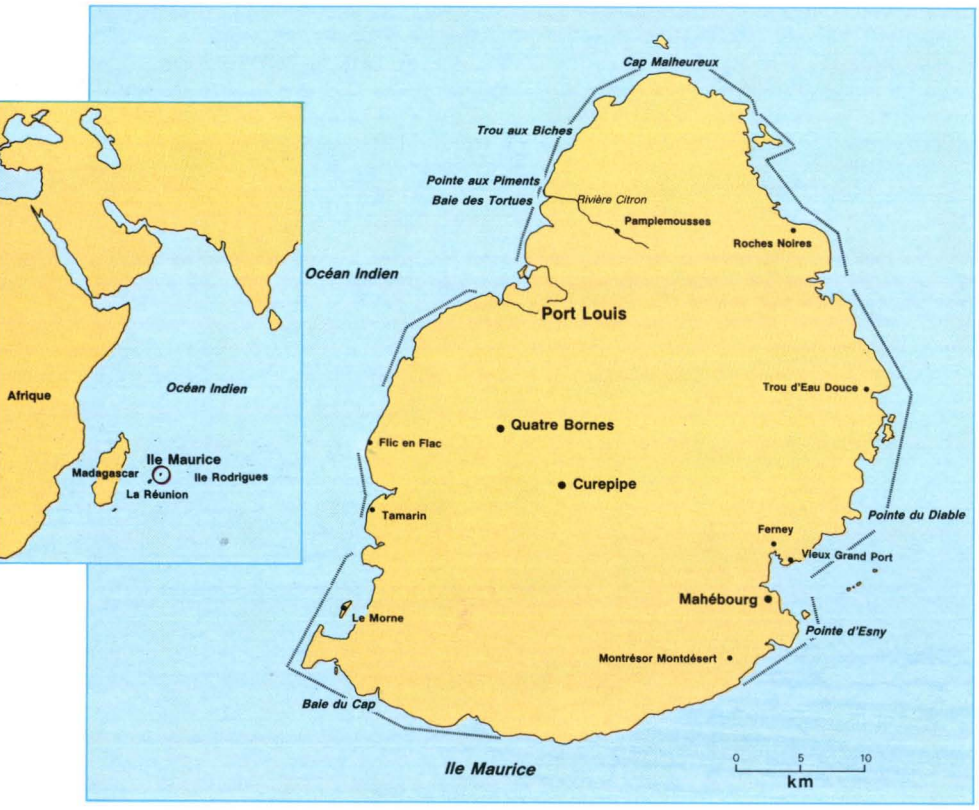
— les Porites qui constituent de grosses patates massives bien connues des plongeurs et également des colonies branchues : les *Pocillopora* à extrémités aplaties et arrondies : les *Acropora,* les plus communs des madrépores formant de grands buissons fragiles, refuges de petits poissons qui ressemblent aux Castagnoles méditerranéennes (hirondelles de mer) : les *Abudefduf ;*

— des coraux foliacés de couleur brune, dont la surface est striée de plis parallèles, se développant plus profondément : les Cerveaux de Neptune, coraux méandriformes et massifs, comme les *Favia* d'ailleurs : les *Fungia* libres qui affectionnent surtout les zones calmes du lagon où ils peuvent s'amonceler, les jeunes individus vivant fixés au substrat par un petit pédoncule sur la face inférieure.

Les poissons multicolores qui fréquentent les coraux font l'objet d'une pêche artisanale à l'aide de nasses traditionnelles confectionnées en raphia ou en fil de fer, à l'aide de harpons ou encore, hélas ! à la dynamite qui provoque des dégâts considérables dans le récif, détruisant les madrépores et entraînant un déséquilibre écologique du milieu.

Ces poissons alimentent la pêche locale et il n'est pas rare de les retrouver à l'étalage du marché aux poissons de Port Louis.

L'île Maurice est située dans l'océan Indien, à l'est de Madagascar.



Il s'agit de Poissons-cochers (Heniochus acuminatus) *jaunes et noirs si élégants en pleine eau avec leur nageoire dorsale se prolongeant par un long fouet, de Chaetodons ou Poissons-papillons aux formes et coloris multiples vivant en solitaire ou par couple, de Coffres élégants et timides se déplaçant lentement grâce au mouvement hélicoïdal de leur nageoire dorsale, de Chirurgiens bleus, de Nasiques qui possèdent deux paires d'épines rigides au niveau du pédoncule caudal, dont les spécimens les plus grands (jusqu'à cinquante centimètres) se capturent à la nasse sur les récifs exposés à la houle, de Perroquets nombreux, les verts en particulier qui peuvent atteindre près de quatre-vingt centimètres.*

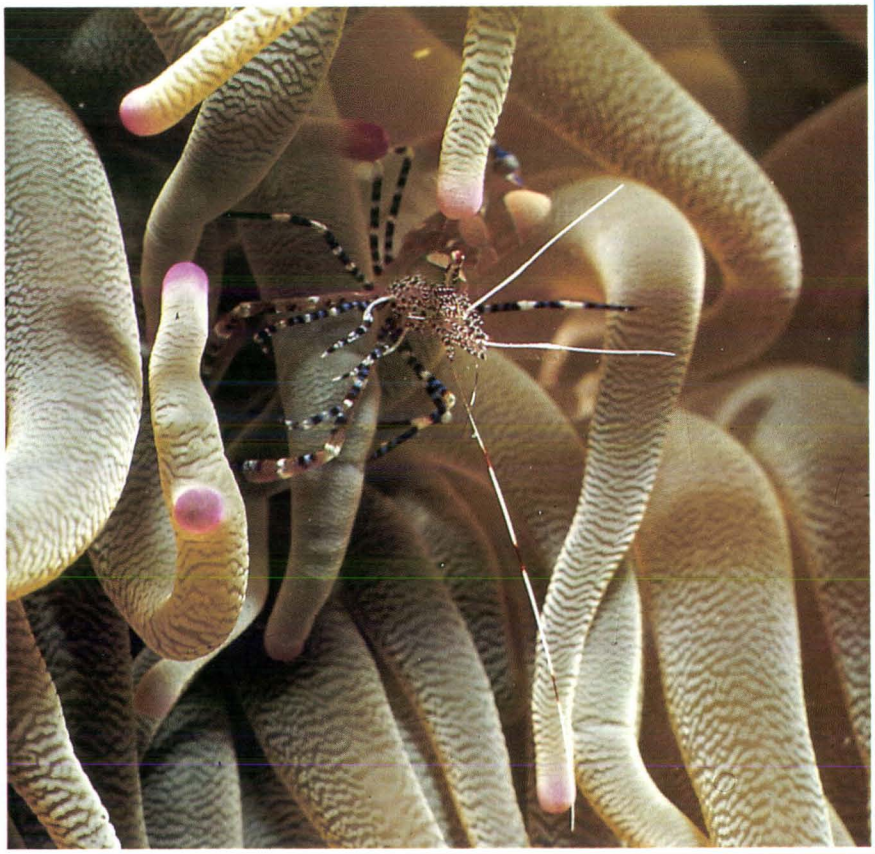
Tous sont capturés à la nasse tout au long de l'année, et même, quelquefois, le merveilleux *Pomacan-*

Banc de poissons-chirurgiens sur la pente externe du récif *(Ph. M. Debatty).* ▲

Dans une anémone de mer aux nombreux tentacules, une crevette tropicale : *Stenopus* se tient à l'abri des prédateurs *(Ph. M. Debatty).*

Les observations scientifiques sont effectuées en apnée dans le lagon et portées sur une écritoire *(Ph. N. Vicente).*

Parmi les Acropores branchus (Madrépores) souvent altérés par les rejets incontrôlés, évoluent des poissons multicolores, comme ce très beau poisson-papillon *(Ph. N. Vicente).* ▼



"Un réseau de relations financières informelles, souvent de prêts de mareyeurs aux pêcheurs, lie fortement les deux parties".

thus imperator, l'ange de mer impérial, si apprécié des aquariophiles français qui le paient très cher (de 1.500 à 2.000 F) alors que leur prix de vente au marché de Port Louis est le même que celui des autres espèces de consommation courante.

Les autres formes de pêche qui alimentent le marché local se pratiquent à partir d'embarcations traditionnelles fabriquées en bois selon les techniques ancestrales comme le fait ce vieux pêcheur que nous avons rencontré à Vieux Grand Port, Rahim Hoota, l'un des rares constructeurs sur la côte Est qui pratique encore son art avec amour et compétence.

Les pêcheurs, souvent solitaires sur leur embarcation, emportent avec eux de nombreuses nasses qu'ils calent dans le récif ou sur les pelouses de zostères, refuge de nombreux poissons végétariens : les Cordonniers, par exemple, dont la chair est très appréciée et qui possèdent un taux reproducteur très élevé, puisque les femelles peuvent pondre tous les vingt- huit jours.

Les jeunes alevins pullulent au fond des petits ports par bancs de deux à cinq mille. Ils sont capturés et consommés en petite friture.

Pêche insuffisante

D'autres poissons très appréciés alimentent la pêche artisanale : la Gueule pavée , notre Daurade, le Capitaine, la Dame Berri, le Sans-Culotte, la Vieille Rouge...

Mais cette pêche, tout comme la pêche hauturière, est insuffisante pour alimenter la population locale et surtout l'exportation "captive".

Le poisson capturé, en dehors de la part consommée par les pêcheurs et leur famille, arrive sur le marché par deux voies :

— la première provient des mareyeurs traditionnels, essentiellement d'ethnie indomusulmane qui récoltent et distribuent par l'intermédiaire des marchés (peu nombreux) près de quatre-vingt pour cent de la production locale ;

— la seconde voie est celle de la coopération : afin de limiter ce monopole, le gouvernement mauricien, aidé notamment par son homologue français, a développé depuis quinze ans un système de mise en marché via des coopératives regroupant les pêcheurs qui, eux, sont d'ethnie créole.

Mais cette opération a un succès limité et porte sur moins de vingt pour cent des ventes au marché qui représentent surtout les excédents non commercialisés par l'autre voie.

La distribution au consommateur se fait soit par des marchands ambulants, soit par des marchés publics de poissons qui existent dans les principales agglomérations. Dans tous les cas, le poisson est vendu frais sans glaçage.

Enfin, il faut noter qu'une part de plus en plus importante de poissons de première catégorie : Mérou, Sacréchien et Gueule pavée, est vendue en frais à l'exportation sur le marché de la Réunion où les prix au détail sont près de trois fois supérieurs aux prix mauriciens.

Mulets et "gueules pavées" (daurades) au marché aux poissons de Port-Louis *(Ph. N. Vicente).*

Réhabilitation des barachois

Mais la pêche, c'est aussi l'exploitation des barachois, qui rejoint l'aquaculture en mode extensif pratiquée depuis le Moyen Age dans les *valli* italiens, les *bordigues* méditerranéennes, les *tamlaks* de l'Asie du Sud-Est ou encore les *valakira* de Madagascar.

Cette pratique existe à Maurice depuis la fin du XIXe siècle, où des surfaces de plan d'eau ont été conquises sur la mer (environ trois cents hectares).

Ce sont des criques profondes, des baies abritées, des estuaires qui ont été barrés par des murs de pierres sèches. Des portions grillagées permettent aux alevins, aux juvéniles de diverses espèces de poissons ou de crustacés, de pénétrer dans le barachois, de grossir et d'être pêchés au bout de quelques temps.

Un banc de poissons-soldats garde l'entrée d'une petite grotte sous-marine *(Ph. M. Debatty).*

Un vieux pêcheur sur sa barque en bois traditionnelle, tractée par une voile triangulaire s'en va caler ses nasses dans la prairie de Zostères *(Ph. N. Vicente).*

Camaron : *faible production*

L'adaptation et le développement de la technique du Pr Fujimura, à Maurice, aussi bien au niveau de l'écloserie que du grossissement, ont été entrepris sur la côte est à Beau Rivage et par la Camaron Hatchery Co. Ltd sur la Côte sud-est au lieu-dit Montrésor Montdésert.

Cette société a été constituée en 1974 par la réunion de dix-huit actionnaires représentant les plus grandes unités sucrières de l'île. Elle a produit en 1978-1979 trois millions huit cent mille larves de Camaron avec une prévision de six millions pour les premières années 1980.

Mais l'absence de débouchés à la vente, étant donné la faible surface disponible, a poussé les mêmes actionnaires à créer la Camaron Production Co. Ltd qui a construit à Le Vallon Ferney sur la côte est, une ferme de production de vingt hectares, cela pour atteindre le seuil de quarante hectares de production à Maurice, seuil de rentabilité pour l'écloserie.

Côté lagon, la porte grillagée du barachois qui piège les jeunes alevins de diverses espèces de poissons *(Ph. N. Vicente).* ▶

Mais dans la plupart des barachois, mal gérés, se développent également de redoutables prédateurs : Barracudas et Requins, ce qui explique la faible production de la vingtaine d'installations implantées surtout sur la côte est. Cette production est en moyenne de cinquante kilos à l'hectare et par an, ce qui est beaucoup plus faible que dans les bordigues méditerranéennes (150 kg/ha/an en moyenne), ou dans des marais salants aménagés comme ceux des Embiez (Var - France) où l'expérience de production avait atteint dans un hectare, soixante-dix kilos, dans des conditions de milieu moins favorables.

La production totale des barachois n'a pas dépassé onze tonnes en 1987. Mais un projet de réhabilitation de ce type d'aquaculture traditionnelle se met actuellement en place et permettrait de porter la production de poissons (Cordonniers et Gueule pavée surtout) ou de crustacés (crabes, crevettes) à cinq cents kilos à l'hectare et par an.

Développement de l'aquaculture

L'aquaculture en mode intensif a été tentée à Maurice depuis longtemps : elle concerne essentiellement le Camaron, ou chevrette d'eau douce *(Macrobrachium rosembergii)*, qui est exploité par les industriels de la canne à sucre (1).

Cette aquaculture d'eau douce a débuté en 1974-1975, à partir d'une technique de reproduction de l'espèce mise au point à Hawai ,en 1972, par le Pr Fujimura.

(1) Il s'agit notamment de groupes franco-mauriciens qui cherchent une diversification à cette culture.

Mais la production de Camaron est actuellement limitée à Maurice d'une part par manque de place, d'autre part à cause du manque d'eau. Elle atteint une tonne à l'hectare par année, soit au total environ vingt-sept tonnes. Ces chiffres sont très loin de ceux atteints notamment aux Antilles (moyenne : deux tonnes par hectare et par an).

Il importe donc de développer l'aquaculture marine qui est peu exploitée au plan industriel. Le ministère de l'Agriculture, des pêches et des ressources naturelles de Maurice, aidé en cela par le Japon, a créé au Centre des pêches d'Albion sur la côte ouest, un département aquacole de recherche-production, pourvu d'un laboratoire bien équipé et d'une écloserie de chevrettes.

Une salle d'algues thermo-régulée est associée à l'écloserie. Celle-ci vient de finir son premier cycle de production de *Peneus semisulcatus*, espèce locale, avec 300 à 400.000 post-larves. Elle devrait fournir les post-larves dont l'île a besoin pour son développement aquacole. Certains barachois et criques abritées à fond de sable fin bien oxygéné se prêtent parfaitement au grossissement des Péneides.

Dans les prochaines années, l'aquaculture devra prendre en compte les zones de lagon les plus profondes et les mieux protégées par la barrière et à l'écart des secteurs

les plus touristiques. Elle pourra être réalisée en cages immergées résistant aux cyclones, peu importants à Maurice. Ces cages pourront accueillir des alevins de Cordonniers qui peuvent être prélevés sur place ou de Gueules pavées dont le grossissement pourra être conduit dans ces cages.

La Gueule pavée peut être remplacée par l'espèce européenne, la daurade *Sparus aurata,* dont les alevins sont obtenus dans les écloseries méditerranéennes (Deva Sud de l'Ifremer à Palavas, écloserie de la Fondation océanographique Ricard, à l'île des Embiez...).

Coopération internationale

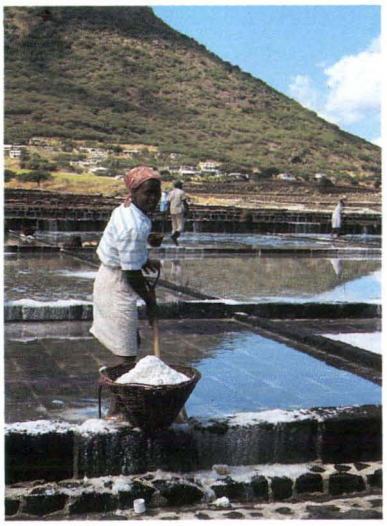
Cette opération d'aquaculture intensive sera réalisée dans le cadre d'un programme de coopération internationale patronné par la Communauté économique européenne sur la protection et la valorisation des lagons et des récifs coralliens à l'île Maurice. Ce programme (2) est placé sous la responsabilité d'une équipe pluridisciplinaire de l'Université d'Aix-Marseille III, avec la participation des chercheurs de la Fondation océanographique Ricard. Il est dirigé par le géologue Jacques Muller, spécialiste de géomorphologie des récifs coralliens et directeur de recherche au CNRS. Ce sera là une occasion de relancer les activités de production d'alevins de daurades au hall d'aquaculture de la Fondation.

La réhabilitation des barachois avec le développement d'une aquaculture semi-intensive de Péneides et de poissons, bien gérée, ainsi que l'aquaculture intensive en cages dans le lagon permettront de mettre sur le marché et à la demande des produits de qualité qui alimenteront l'hôtellerie en pleine expansion, autrement dit une exportation "captive" pour un tourisme dont on prévoit le doublement dans les deux prochaines années.

Mais un tel résultat ne pourra être atteint que si on préserve le milieu lagonaire, actuellement très affecté par des rejets incontrôlés. Un plan d'assainissement et la mise en réserve de certains secteurs du littoral s'imposent, ainsi que la promotion des loisirs marins et sous-marins intégrant une bonne protection et une utilisation intelligente des fonds coralligènes. Le touriste ne consentira plus dorénavant à partir si loin pour "bronzer idiot" ! ■

Nardo Vicente

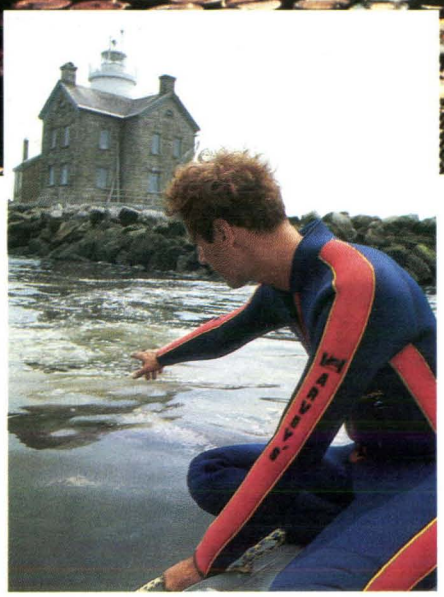
(2) Le présent article fait suite à la première mission sur la Gestion des ressources vivantes et l'aquaculture à Maurice, effectuée par François René, expert à l'UNECA à Addis Abeba (Ethiopie), et Nardo Vicente. Cette mission s'inscrit dans le programme des Communautés européennes auquel participent 17 organismes européens dont la Fondation océanographique Ricard et le Centre d'étude de ressources animales marines (Marseille).



Une autre ressource non négligeable de l'île Maurice est représentée par le sel exploité sur des tables salantes aménagées en bord de route, à la lisière des champs de canne à sucre.

Le lagon n'est pas loin et alimente des salines en "dur", *pavées de dalles de basalte et entourées de murets de même nature. L'eau de mer pompée est déversée dans chaque bassin, elle s'évapore durant la journée et le lendemain au lever du soleil, les femmes viennent récolter un sel d'une grande pureté qu'elles entassent dans d'élégants paniers d'osier.*

Bassin d'élevage de Camarons dans un splendide paysage verdoyant et fleuri qu'ont dû connaître Paul et Virginie *(Ph. N. Vicente).*



Toxic wastes

deadly peril to the oceans

by John C. Fine

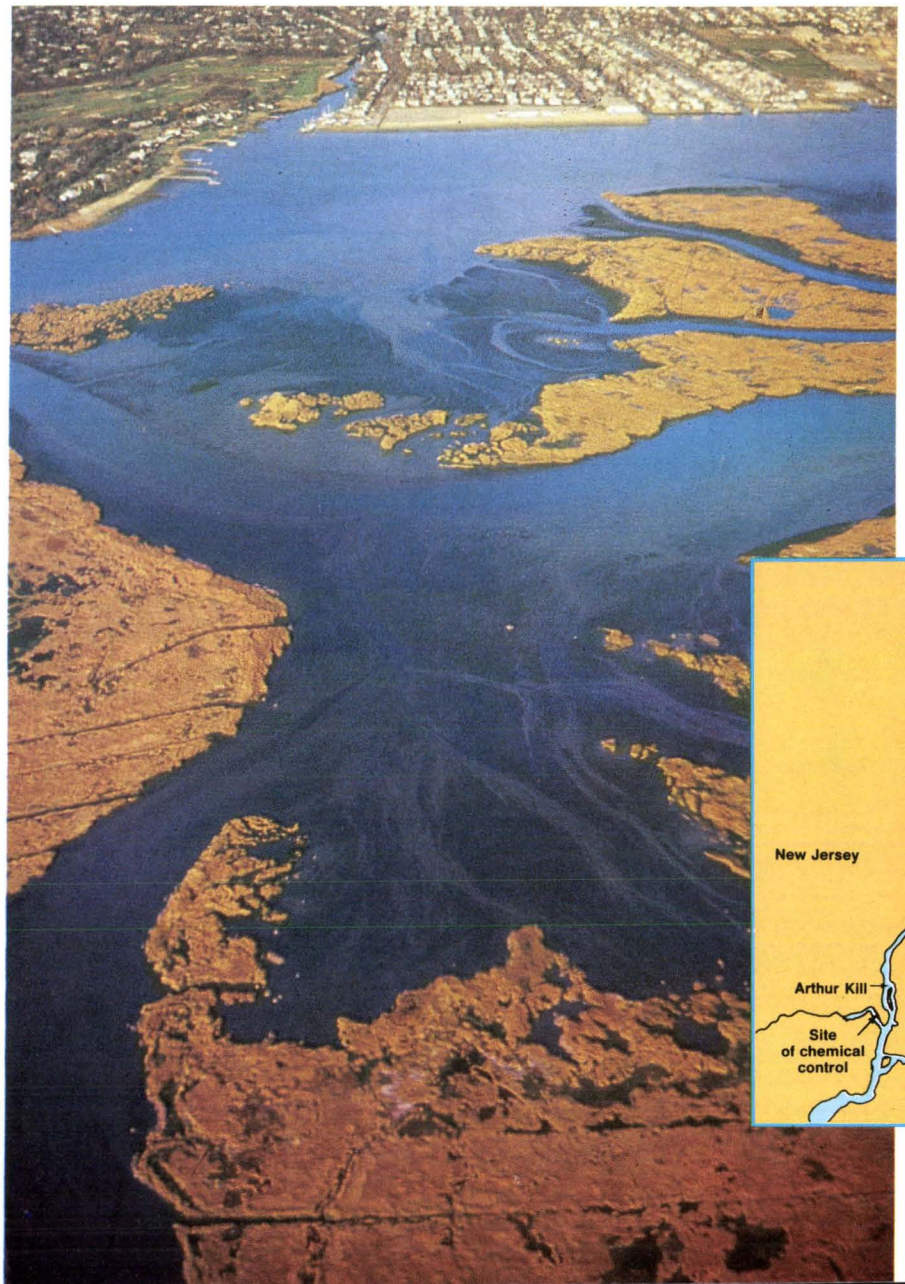
New York - Site of a harbor explosion and fireset by arsonists. Thousands of barrels of chemical wastes — the most deadly in the world — went up in smoke. Human and environmental health and welfare sacrified for criminal greed *(Ph. J. C. Fine).*

New York - Incendie criminel de barils de déchets toxiques : les populations et l'environnement naturel sacrifiés au nom du seul profit immédiat.

They exploded with the fury of napalm. Mushroom balls of fire shot skyward from the exploding barrels. Fireboats were dispatched from New York City and teams of fire fighters were mobilized throughout New York and New Jersey. Reacting to the potential danger from inhaling the deadly vapors, schools on Staten Island, New York, were closed. Thousands of residents in New York and New Jersey were told to stay indoors and avoid going outside.

New-York — As all the United States, beautiful town wich owes its success to the ocean. Unfortunately in peril ! *(Ph. J. C. Fine).*
New-York — Comme l'ensemble des Etats-Unis, une belle ville qui doit son succès à l'océan. Malheureusement en péril !

Flying into New York City from Washington, D.C., our jet made an approach over the Atlantic, just south of the New York Bight. I observed streaks of yellow brown staining the ocean for miles as we flew over. The New York navigational charts mark this area of the ocean with the term "acid waters". Large scale dumping of industrial wastes occur in this region, West of the Hudson Shelf Valley and South of the Ambrose Light Tower. Paint sludges and various kinds of industrial waste are dumped into the ocean in this area, causing the staining that I observed on the surface. *(Ph. J. C. Fine).*



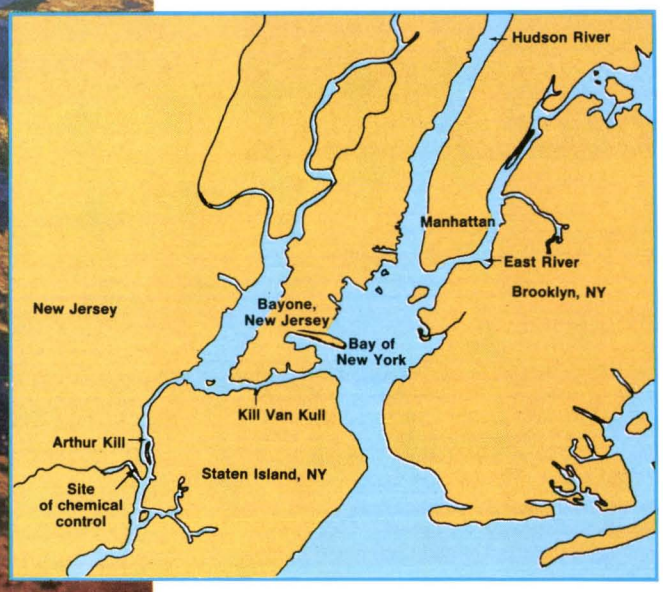
Firemen, rescue crews and environmental experts worked around the clock for days, pouring millions of gallons of water on the site of the disaster, quenching the chemical fires and cooling down the remains of an estimated 34.000 barrels of explosive, flammable and poisonous wastes abandoned on the waterfront in Elizabeth, New Jersey.

The site was the Chemical Control Corporation, a toxic waste removal business operated until last year on a four acre site along the Elizabeth River.

The site was located on a narrow peninsula between the Elizabeth River on the West and the Arthur Kill, a waterway separating New Jersey from Staten Island, New York on the East.

Authorities had closed down the unlawful chemical dump site operation for violations of the law involving improper storage and disposal of toxic wastes. Environmental officials, State Police and Federal Alcohol, Tobacco and Firearms (ATF) bomb squads took over the Chemical Control site and began the laborious task of sorting through the thousands of abandoned barrels of insecticides, explosives, deadly poisons, corrosives, PCB, laden oil, assorted hydrocarbons, laboratory and hospital chemicals and unidentified substances, many of the materials among the most deadly poisons known to man.

After more than a year, while government officials were still attempting to test, sort, remove and dispose of the toxic chemical wastes,



an explosion errupted, causing chain reactions among the barrels of chemicals and a resultant fire that burned for several days.

As the fireboats and fire fighters continued to pump water from high pressure hoses onto the site, waterfalls cascaded off the land, turning the Elizabeth River mauve with chemical wastes. The flow of poisoned water coursed into the Arthur Kill, which flows directly into the Raritan Bay and Atlantic Ocean.

Explosion, chain reactions

Responding to the threat of pollution from these chemical wastes, government officials imposed an immediate ban on fishing for a twelve mile stretch of the Hudson River, south of the George Washington Bridge. A temporary seventy-two hour fishing ban was imposed from Sandy Hook, New Jersey to Rockaway north in New York. Clamming and fishing bans were also imposed for the Shrewsberry and Nevasink Rivers and the Raritan Bay.

This explosion and fire dramatically brought the danger from toxic wastes to the attention of the world. Just as insidious and just as perilous to human health and the environment is the ocean pollution caused by dumping industrial and chemical wastes directly into the ocean, or indirectly via streams, rivers and tributaries. Run-offs from the land or leachate from land burial sites also account for substantial quantities of toxic wastes reaching the ocean.

The Federal Environmental Protection Agency (EPA) estimates that 56 million metric tons of hazardous industrial wastes will be generated this year in the United States. Last year, in the Atlantic sea coast states of New Jersey and New York, approximately 4.6 and 3.5 million metric tons, respectively, of toxic wastes were generated. Of approximately 1.2 billion gallons of liquid toxic wastes generated in New Jersey last year, 600 million gallons were dumped directly into the Atlantic Ocean.

These figures account only for "permitted" and thus reported dumping. Recently police officials cracked down on two large firms whose tank trucks routinely backed up on the New York - New Jersey waterfront and emptied their loads of poisons directly into the waterways.

RÉSUMÉ

DÉCHETS TOXIQUES :
dangers mortels pour les océans

Vision d'apocalypse à New York : l'explosion, suivie de l'incendie criminel de milliers de barils de déchets toxiques. Populations consignées, écoles fermées, pêche et navigation interdites... Brutalement, cette catastrophe porte à l'attention du monde les menaces de la pollution chimique.

Pour les Etats-Unis, on estime la production de déchets toxiques à cinquante-six millions de tonnes par an. La moitié, qui provient des états côtiers, est directement déversée dans l'océan et les rivières qui s'y jettent. Plus inquiétant encore : entre sept et dix millions de tonnes de produits chimiques ont été retirés du seul port de New York.

Autre problème, plus insidieux celui-ci : les infiltrations d'eau polluée dans les décharges d'ordures qui sont construites, le plus souvent, sur des terrains marécageux.

Clandestinement, des entreprises viennent y déposer leurs déchets. Le temps et l'eau de pluie aidant, il se produit des infiltrations de matières chimiques qui contribuent à accroître la pollution de l'océan.

Il en est de même pour les sites légaux d'ensevelissement de produits contenus dans des caisses spéciales. Car celles-ci s'altèrent au fil des jours et, chaque mois, on évalue à cent-quarante millions le nombre de litres d'eau polluée qui doivent être pompés dans ces décharges dites sûres.

Il est vrai qu'il en coûte entre soixante-quinze et cinq cents dollars le baril pour que ces déchets soient correctement traités. Il est tellement plus économique et plus facile de tout rejeter dans les cours d'eau.

En survolant l'océan de Washington à New York, John C. Fine a observé des traînées brun jaune sur des kilomètres et des kilomètres. Nul n'a oublié les familles de pêcheurs de Minamata (Japon) contaminées par du mercure.

Il reste malheureusement encore de nombreux sites de rejets plus ou moins connus qui peuvent être responsables d'effets à plus ou moins long terme si l'on n'y prend garde. Des lois de protection de l'environnement existent. Elles sont le plus souvent contournées, explique l'auteur.

C'est aux gouvernements, aux industriels responsables de mener le combat pour éviter les tragédies dues aux déchets toxiques.

On this marshland with creeks running into Arthur Kill then the Atlantic Ocean, criminals stored and dumped deadly chemical and industrial poisons (Ph. J. C. Fine).
Dépôt sauvage de barils de produits chimiques.

The pollution of the Hudson River with PCB laden waste by a large industrial concern located above Fort Edward, New York, created massive environmental concerns. Most commercial fishing in the River was banned except for certain migratory species passing up river from the Atlantic to spawn. These PCB's migrated along the course of the river, settling in the sediment, entering the life cycle of estuarine organisms and flowing down river into New York Harbor and the Atlantic. PCB's from

these massive discharges into the Hudson River, which occurred over a period of years, along with other PCB and heavy metal discharges into waterways around the New York Harbor, have created a situation affecting the Atlantic Ocean.

In addition to direct or indirect discharges, dredging in New York Harbor, necessary if large ocean going liners and commercial ships are to be able to berth or pass through channels, accounts for from between 7 and 10 million tons of dredge spoil annually. Sediments in the harbor area have been found to contain abnormally high concentrations of lead, cadmium, arsenic, mercury, zinc and other heavy metals. The U.S. Army Corps of Engineers has been studying the problem of sediment contamination closely. Access to New York Harbor is not only of vital importance to the economic well-being of the New York and New Jersey metropolitan region, but imperative to the commerce of the United States.

John C. Fine shows the result of the pollution : dead sea, killed fishes... The bane of a modern society !
Mer morte, poissons tués... Le cauchemar de la société moderne.

The bane of modern society

A significant problem arises from a more subtle form of ocean pollution. It results from leachate from landfills, garbage dumps and land burial sites. The bane of modern society, garbage dumps or landfills, are most often constructed on swampy marshland, back-water bays or along harbors, on waterfront property thought to have little or no economic value.

Landfills or garbage dumps must be operated under strict supervision to prevent a myriad of unlawful dumping schemes. Some clandestine practices include : direct nighttime dumping of toxic wastes, the use of garbage trucks with false bottoms concealing loads of toxic chemicals, garbage haulers who have saturated household refuse with toxic chemicals in mixing pits then loaded the saturated garbage back into garbage trucks headed for the dump, drums of chemicals concealed in loads of garbage or solid industrial waste mixed in with garbage, or any of many criminal schemes to dispose of toxic waste in municipal or private garbage dumps. As a result of landfill dumping, leachate will seep out and run off. This leachate includes the concentrated liquid residue from decaying waste mixed with rain water. As time passes, leachate oozes out of landfills in torrents.

Depending on the size, many thousands of gallons of leachate can seep out of a landfill every day. Landfill sites built on swampland, along intertidal basins, on waterfront property or along bays and tributaries contribute millions of gallons of potentially toxic leachate to the oceans every year. Since the landfill sites will continue to leach contaminant for many years after the dump site is closed and covered over with dirt, these landfills provide a source of ocean resource contamination long after they have been forgotten.

Security cost

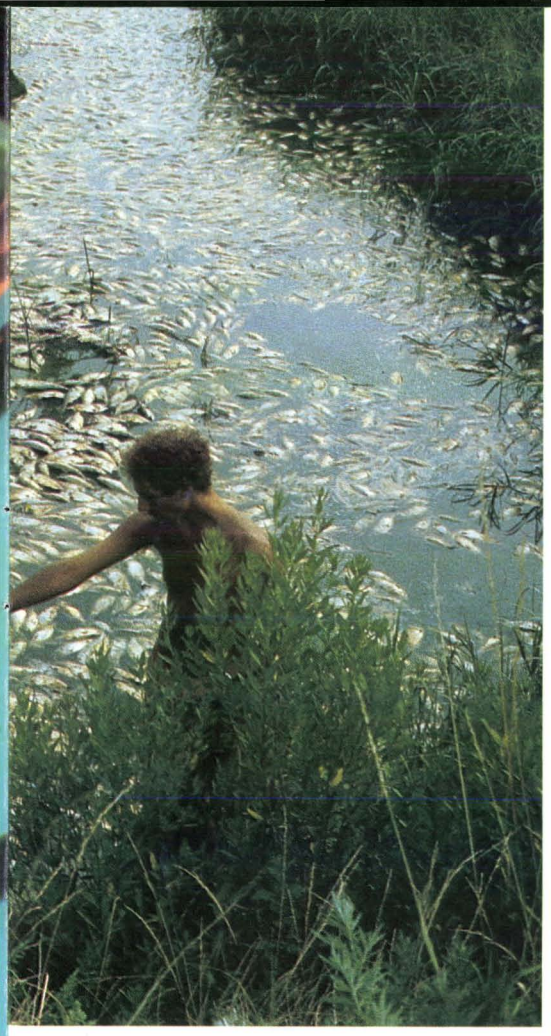
It may cost from $ 75 to $ 500 or more per barrel (55 gallons) to properly dispose of toxic wastes. A tank truck containing liquid industrial wastes may cost $ 15,000 to the generator of the waste to transport and dispose of properly. If that tank truck can be dumped or emptied in a waterway, field or even pumped into a municipal sewer system, the effluent of which most likely is flushed into the ocean, the unlawful dumper realizes a substantial net profit. High pressure pumps on most tank trucks enable the operator to completely jettison the load in from 15 to 25 minutes.

"segregation is the ideal, but..."

Similar problems occur with land burial sites for toxic wastes. Even when designed with liners over clay and capped, the buried chemical drums will degenerate in time and cause leachate to exude. Even where care has been exercised, chemicals from degenerating drums may mix together. Segregation of drums in land burial sites is the ideal, but in practice difficult to insure. PCB laden oil may not alone be able to penetrate the lined toxic waste land burial site, but once PCB's mix with Tricloroethelene (TCE) for example, the resultant mixture will readily penetrate the liner and clay and escape into the sub-soil.

At one toxic waste disposal site in New York, it has been reported that 300,000 gallons per month of leachate had to be pumped out of a closed "secure" land burial site.

If land burial toxic waste sites are improperly sited near underground water resources, ground water or geological strata that feed tributaries leading to the ocean, then the danger of contamination is ever present.



Dangerous consequences resulting from ocean dumping of toxic wastes are legend. The tragedy that befell the fishermen and their families in Minamata, Japan, will remain poignant. We all can visualize the widely published photographs of a grief stricken mother caring for her deformed child. This tragedy was the result of mercury contamination poisoning.

"Horrid results on human health"

While the horrid results on human health and the environment as a consequence of dumping chemical wastes into an abandoned power canal in Niagara Falls, New York, remains foremost in the minds of concerned individuals, there remain many toxic waste dump sites not as well publicized as Love Canal that may present more subtle long term hazards if not corrected. One such problem was identified in Woodridge, New Jersey. On land directly adjacent to Berry's Creek, a tributary eventually joining the Raritan River thence the Atlantic, a mercury processing plant dumped and spilled mercury and mercury manufacturing wastes over nearly half-a-century.

Fearing potential consequences of contamination from an estimated 400,000 to 800,000 pounds of mercury, its migration into the creek and eventual potential contamination of the ocean, town officials called upon environmental experts to assess the problem. The experts agreed that the mercury contamination in the ground and creek area is the highest in the world. For now at least, no migration has been detected toward the ocean from the site, but town officials are monitoring the situation and want the mercury removed.

Ways must be found...

Unfortunately, there are few if any pat solutions to the insidious and pervasive problems raised from contamination by toxic wastes. U.S. Coast Guard and Environmental officials can and are increasing vigilance to attempt to prevent unlawful and improper direct or indirect ocean dumping. Bans on all forms of ocean dumping have been written into law, but deadlines have continually been pushed back to accomodate local government complaints that there are no alternative means for disposal.

Dump sites existing under permit and those contemplated must be up-graded with developing technology. Industry officials must cooperate with government in attempting to stop, at the point of manufacture, a seeming unending stream of toxic wastes. Ways must be found to convert, neutralize and re-use these industrial wastes so that by products of manufacturing and chemical processes do not reach the waste drums.

An expert attached to N.Y.U. Medical School's Environmental Medicine Department assigned to a New York City Health Department Task Force, has reported that water samples taken from the Arthur Kill were found to contain approximately twice normal background radiation. These water samples contained not only pathological organisms of viral and bacterial origin, but the water tested had a mutagenicity 50,000 times that of other types of water.

These tests are still being studied and extrapolated. It has been determined, however, that the source of the radiation in the water is related to tritium. When I asked this expert how the radioactive tritium got into the water, I was told that it would have had to come from illegal dumping, perhaps from medical experiences, hospital and laboratory tests or experimentation of some kind. This medical expert felt that while the radioactive levels were low, that it was nevertheless a significant increment of radioactivity. This adds another dimension to the concern that pollutants in tributaries like the Arthur Kill, flowing as it does into Raritan Bay and thus directly into the Atlantic Ocean, will create Ocean pollution problems from non-degradable toxic chemicals, heavy metals or as in this example, radioactive elements.

Ocean contamination from toxic wastes paints a rather bleak and serious picture. Conscientious and responsible people from industry, government and the private sector must galvanize in their efforts to resolve these problems so that the lessons learned as a result of the tragic explosions, fire and resultant water contamination from Chemical Control in Elizabeth will not happen again. ■

John C. Fine

"L'épave des mé

Au cours des années 1986 et 1987, une équipe de plongeurs archéologues, dirigée par Serge Malcor, a entrepris l'étude d'une épave du XIXe siècle dont la cargaison insolite n'a pas fini de créer des surprises. Imaginez une concrétion de plusieurs mètres carrés, faite de bijoux (en cuivre, hélas !), médailles, crucifix, boutons, éventails, faïences, porcelaines, bouteilles de vin de Bordeaux et de Champagne... Et vous aurez une petite idée de l'imbroglio que les plongeurs ont décidé de démêler.

ILLUSTRATIONS CI-DESSUS - Quelques menus objets dans le sable coquilliers, en particulier des boutons de laiton jaune. Près de 50.000 aux décorations diverses ont été inventoriés sur le site dont on voit en médaillon une vue panoramique *(Ph. Serge Malcor).*

dailles"

par Serge Malcor

19 novembre 1834 - 14 heures : au large des Embiez (Var), le vent de Nord-Est souffle avec violence et lève une mer monumentale.

La bombarde sarde « *Notre-Dame des Grâces* », venant de Terre-Neuve (Sardaigne) et chargée de liège pour Marseille, se fraye une route par vent arrière entre les déferlantes. Soudain, l'homme de quart repère un canot contenant huit personnes, faisant des signes de détresse.

Le capitaine, Philippe Di Bonta, fait aussitôt mettre en travers puis, quand il est à portée des malheureux, met bâbord amures afin de les recueillir à son bord. Il prend ensuite le canot en remorque jusqu'au port de La Ciotat où il fait son rapport à la capitainerie.

Parmi les rescapés se trouve le capitaine Fiorillo qui dépose aussitôt auprès du commissariat de la Marine : « *Il Giasone* », brig napolitain de deux cent dix tonneaux, parti la veille de Marseille avec treize hommes à bord, y compris deux passagers, à destination de Naples, chargé de diverses marchandises telles que quincailleries, soieries, bijouteries, sucre et café, a été assailli par un violent coup de mer (vent nord-est grand frais) qui lui a rompu le gouvernail et enfoncé l'arrière.

Le navire ne gouvernant plus, des voies d'eau importantes n'ayant pas laissé le temps de mettre la chaloupe à la mer, les hommes n'ont pu que couper les palans de la petite yole pendue à l'arrière, dans laquelle ils se sont embarqués à quatre. Quatre autres les ont rejoints à la nage. Le navire a sombré en quelques minutes en s'abattant sur bâbord. Il est alors neuf heures du matin. Les huit hommes sauvés sont des membres de l'équipage et les deux passagers ; les cinq hommes qui travaillaient à couper les amares de la chaloupe ont péri.

Ce drame de mer, ignoré des riverains du Brusc, et passé sous silence par les journaux locaux de l'époque, aurait encore longtemps sommeillé dans les archives du port de Marseille si, en août 1960, deux plongeurs - MM. Gelindo et Morati - ne s'étaient heurtés à une sorte de rocher bizarre émergeant du fond et surmonté d'éléments métalliques concrétionnés.

Amalgame de petits objets

Une observation plus précise de la zone révèle que la roche en question est en réalité un colossal amalgame de médailles, croix, boutons, chandeliers, bijoux, voisinant avec de la vaisselle et de la verrerie.

La découverte, mentionnée dans le journal local, est associée à celle d'une épave d'amphores vieilles

"L'épave des médailles" repose par trente-cinq mètres de fond dans l'ouest du Grand Rouveau, une île de l'archipel des Embiez *(Ph. Patrick Lelong).*

de... 3000 ans - sensationnel oblige ! - avant de retomber dans l'oubli.

Durant plus de vingt années, l'épave livrera ses richesses à d'innombrables palanquées de plongeurs avides de souvenirs.

Dès 1984, avec l'intérêt croissant à l'égard de l'archéologie post-médiévale, la zone de *« L'épave des médailles »* devient enfin un site protégé, et Serge Malcor sollicite auprès de Patrice Pomey, de la Direction des recherches archéologiques sous-marines, l'autorisation d'une fouille programmée pour l'été 1986.

Sur le plan purement archéologique, le but de cette campagne est multiple : prélever suffisamment de matériel pour avoir une notion le plus précise possible sur la nature de la cargaison ; mettre à jour les structures envasées du navire afin de déterminer sa position, sa forme et ses dimensions ; établir, grâce à des

> "Des indications sur ce que l'on nommait le commerce de pacotille"

études diverses, une datation du naufrage susceptible de prouver que l'épave est (ou n'est pas) celle du *« Giasone »*.

L'épave repose sur un substrat de sable coquillier assez meuble. Une proéminence d'un mètre de haut indique son emplacement. Il s'agit d'un amalgame de pièces ferreuses sur lequel on observe des rouleaux de cuir scellés dans la gangue, une roue métallique posée à plat, des barres de fer, une pile affaissée de cerclages métalliques. Une grande quantité de petits objets variés est soudée dans cet agglomérat ou disséminée dans le sédiment alentour.

Autour de ce bloc apparaissent sur le sable : dans le Sud, une roue en fer posée à plat, d'un mètre vingt de diamètre, dans l'Ouest, deux gros guindeaux métalliques.

Devant l'ampleur de l'entreprise, Serge Malcor est conscient qu'il ne pourra arriver à un résultat tangible uniquement avec les membres de son association, le Jonquet-Kayack-Club de la Seyne-sur-Mer. Il fait appel aux plongeurs marseillais de l'Association des recherches archéologiques et historiques dont le président, Michel Goury, est également membre du J.K.C., et au Groupe d'études et recherches sous-marines historiques (G.R.E.S.H.) d'Epernay et à son président Jean Stergou que la présence, sur l'épave, de bouteilles de champagne fascine.

Une méthodologie rigoureuse

M. Paul Ricard, propriétaire de l'île des Embiez, immédiatement intéressé par cette opération, met tout en oeuvre pour faciliter le travail des plongeurs : prêt d'un local-base sur l'île, place à quai pour les embarca-

LES CAMPAGNES PAR LES CHIFFRES

Deux plongées quotidiennes ont eu lieu : vingt-cinq minutes le matin, vingt minutes l'après-midi, avec un intervalle minimum de six heures et des paliers de six minutes à trois mètres le matin, et de huit minutes le soir, avec la possibilité d'inhalation d'oxygène pur au palier.

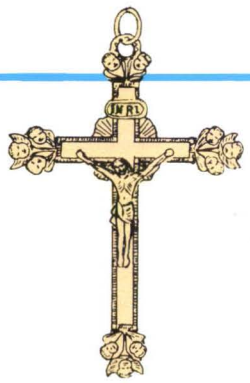
Outre le mouillage fixe, l'épave est reliée aux embarcations par une « ligne de vie » gréée, à trois mètres du fond, d'une bouteille d'air de secours ; un autre bloc « d'intervention » de deux mètres cubes est suspendu à trois mètres sous le bateau, à proximité du bout à paliers lesté. En surface, une bouteille de quatre mètres cubes amène, grâce à deux narguilés, l'oxygène au palier. Deux postes VHF en veille permanente et le matériel de premiers soins complètent cet arsenal de sécurité.

Malgré l'exposition défavorable du site où le mistral peut lever rapidement une mer énorme et où les courants sont très sensibles, l'équipe a effectué environ un millier de plongées durant les deux campagnes 1986 et 1987.

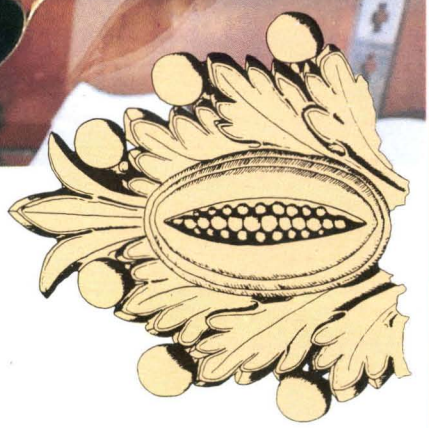
Près de trois mille mètres cubes d'air ont été fournis par le compresseur qui a fonctionné deux cent cinquante heures : soixante-dix heures de moto-pompe ont permis d'ôter trente-cinq mètres cubes de sédiment (ce qui correspond grossièrement au dixième de la zone !...). Mille sept cents litres de carburant ont été brûlés par les différents zodiacs qui auront parcouru deux mille trois cents kilomètres. ■

(Ph. Serge Malcor)

Port des Embiez : base nautique des campagnes de fouille.



Quelques-unes des pièces exposées au musée de la Fondation (ci-contre). Ci-dessous, plomb de douane et breloque en laiton et cuivre *(dessins : S. et O. Malcor)*



Cachets de bouteilles de Bordeaux. On peut lire le nom du cru et celui du négociant. Ci-dessus, élément décoratif d'applique *(dessins : S. et O. Malcor).*

tions... Cette aide inestimable, alliée à une formidable envie de réussir, malgré une logistique des plus précaires faite de la mise en commun de moyens des trois associations, a été le meilleur garant de la réussite de cette campagne.

Une méthodologie rigoureuse a été mise en place : pose d'un quadrillage souple de trente-six mètres sur douze composé de vingt-sept carrés de quatre mètres sur quatre dans la zone où l'épave est supposée envasée.

Le dévasage s'effectue grâce à une suceuse à eau alimentée par une puissante moto-pompe, prêtée par la D.R.A.S.M. et embarquée sur un des pneumatiques *« Pythéas »*. L'enlèvement du sédiment doit être suffisamment méticuleux pour préserver le matériel mis à jour. Tout objet caractéristique est alors soigneusement reporté sur un plan grâce à des mesures et des photographies avant d'être remonté. Le dégagement vers un niveau inférieur peut alors se poursuivre, et cela jusqu'à la couche *« stérile »*.

Un cadre photogramétrique conçu par les membres du G.R.E.S.H., est exactement érigé sur le carré fouillé et permet de réaliser la « *couverture* » de la zone.

Au cours des cent cinquante années d'immersion, une partie de la cargaison très variée s'est déversée sur le fond au fur et à mesure que les tarets attaquaient les superstructures en bois du navire. Le sable coquillier alentour est constellé de petits boutons en cuivre ou en nacre, clous en laiton, charnières de toute taille et autres pièces de mercerie et de quincaillerie. La présence d'une telle densité de matériel et son enlèvement ont sensiblement retardé le dégagement. Plus de cinq cent mille objets ont été remontés !

Leur intérêt, capital pour déterminer l'époque précise du sinistre, donnera des indications sur ce que l'on nommait à l'époque le « *commerce de pacotille* ».

Pour l'instant, il est hasardeux de se prononcer quant à la grandeur et à la superficie de l'épave. Toutefois, une série de sondages laisse présumer un site d'une quarantaine de mètres sur quinze, orienté Nord-Sud.

Le dégagement de diverses pièces de bois provenant des structures du navire n'est pas encore suffisamment explicite pour déterminer la partie du navire fouillée. Les prospections futures dans les zones voisines seront certainement essentielles pour mieux cerner la topographie structurale.

Entre 1831 et 1836

Les enseignements fournis par le matériel remonté ont permis de circonscrire l'époque du naufrage : les bouteilles de vin de Bordeaux estampillées « *Château Laffite* », « *Château Margaux* », « *Sauternes* », « *Saint-Julien* », mentionnent aussi le négociant « *J.Coussicot-Fils* » qui a exercé à Bordeaux de 1820 à 1839. Toutefois, le procédé de fabrication de certaines de ces bouteilles, dit « *à la canne* », a été abandonné vers 1830. Sur plusieurs éléments de pendules se lit le nom de Denière, un horloger, également fondeur de bronze, qui avait une officine à Paris de 1806 à 1833.

L'un des types de boutons en laiton, représentant un voilier, a été formellement daté par les experts de l'époque de Louis-Philippe (1830-1848). La médaille du pape Grégoire XVI (1831-1846) n'a pu être frappée avant 1831 et certainement pas après 1846. Quant aux faïences de Creil, elles sont antérieures à 1840, date où cette manufacture a commencé à marquer sa production du double label « *Creil-Montereau* ». De plus, une théière est estimée « *vers 1835* ».

Deux sortes de plombs de douanes sont également révélateurs : le premier porte l'emblème de la fleur de lys, aboli le 18 février 1831. Il a été frappé à Marseille avec la mention « *Primes* », ce qui signifie qu'une partie de la cargaison a séjourné « *en transit* » dans un entrepôt de Marseille. Le deuxième type en est d'ailleurs la preuve puisqu'il porte l'inscription « *Réexportation d'entrepôt* ». Le coq gaulois et la tranche du plomb, marquée « *Douanes françaises* », prouvent que cette réexportation a eu lieu après février 1831. Certaines marchandises pouvaient séjourner en douane quatre à cinq années ! Grâce à ces différents indices, il est possible d'affirmer que le naufrage a eu lieu entre 1831 et 1836.

La découverte d'une seule petite baie d'aubépine parmi le chargement, probablement tombée fortuitement dans le navire, permet de resserrer le créneau de datation en excluant les mois autres que ceux d'octobre à décembre de ces mêmes années : période de maturation en Provence de la baie d'azérolier.

La relation entre le récit du capitaine Fiorillo et « *L'épave des médailles* » est flagrante. Toutefois, aucun indice concret ne permet d'affirmer qu'il s'agit bien du « *Giasone* ». Pour l'instant, les deux campagnes de fouilles ont permis de mettre à jour une partie d'un navire marchand d'un tonnage estimé à deux cents tonneaux environ, étant passé par le port de Marseille, transportant une grosse quantité de matériel divers vers des pays situés à l'Est, catholiques ou en cours d'évangélisation.

Le caractère parfois démodé de certains objets tels que boutons à l'effigie de l'Impératrice Marie-Louise ou pendules mentionnant l'année 1823, dénote la nécessité d'écouler des stocks hors d'actualité ou invendus en leur temps. Et le « commerce de pacotille » *était orienté vers des pays où les produits manufacturés étaient très recherchés : Moyen-Orient, Russie, par exemple.*

Travail au fond. Dévasage à la suceuse *(Ph. S. Malcor).*

Un assortiment des objets trouvés est exposé en exclusivité au musée de la Fondation océanographique Ricard, à l'île des Embiez, et l'on constate que cette épave captive aussi bien les archéologues français qu'étrangers.

Sa place dans le patrimoine culturel national en fait déjà la seule épave méditerranéenne pouvant à l'heure actuelle fournir des informations nouvelles sur une des particularités du « *commerce de pacotille* » du XIXe siècle. ■

Serge Malcor

Malgré des moyens insuffisants et une modeste subvention du ministère de la Culture, la fouille de « *L'épave des médailles* » s'est poursuivie durant l'été 1988. L'objectif principal a été la mise à jour d'un maximum de structures du navire et l'étude du conditionnement et de la répartition de la cargaison à l'intérieur de celui-ci.

Que M. Paul RICARD trouve dans ces lignes l'expression de notre profonde gratitude pour la spontanéité de son aide.

OCÉANORAMAGAZINE

LA MER, VUE DES EMBIEZ ET D'AILLEURS

Nautile de Nouvelle-Calédonie *(Nautilus pompilius)*. Ce véritable fossile vivant habite dans les zones tropicales depuis les grandes fosses marines jusqu'à la surface où il remonte pour se nourrir *(Ph. André et Andie Belcher - Fest. mond. de l'image sous-marine, 1988).*

Du 16 au 21 octobre aux Embiez

GRAND FORUM DE LA MALACOLOGIE

et Symposium international sur l'écophysiologie des mollusques

A l'occasion du 20e anniversaire de la Société française de malacologie, un grand forum organisé par le Centre d'études des ressources animales marines (C.E.R.A.M.) et la Fondation océanographique Ricard, avec le concours du Centre de culture scientifique technique et industrielle, du muséum d'histoire naturelle de Marseille, les patronages de plusieurs ministères, aura lieu sur l'île des Embiez (Var).

Les responsables veulent une manifestation largement ouverte à tous ceux qu'intéressent les mollusques, en particulier les coquillages.

Des conférences grand public

Les scientifiques, bien sûr, au premier chef. Ils auront tout loisir de présenter les résultats de leurs travaux dans le domaine de l'écophysiologie des mollusques.

D'autre part, ces mêmes scientifiques s'adresseront à un public très large à l'occasion de quinze conférences portant sur vingt ans de malacologie.

Ces conférences de trente minutes chacune, seront accompagnées de projections.

Elles traiteront des problèmes de systématique, de biologie et d'écologie des principaux groupes de mollusques dans le monde.

Les collectionneurs de coquillages pourront exposer leurs plus belles pièces et participer à des bourses d'échanges. Ils participeront à un débat avec les scientifiques en présence des médias.

De même, les professionnels de la conchyliculture débattront de leur profession, de son avenir, et feront état de leurs résultats en présentant leurs produits que les participants pourront déguster.

Des présentations de posters et une exposition de matériel pédagogique scientifique et technique compléteront ces manifestations.

Ce forum est ouvert aux représentants des pays circum-méditerranéens et de la Communauté économique européenne. ■

N.V.

• **2èmes RENCONTRES EUROPÉENNES** de plongée sous-marine (24 septembre au 1er octobre à Ajaccio).

Placée sous le patronage de la Confédération mondiale des activités subaquatiques, l'originalité de cette manifestation, affirment les organisateurs, c'est qu'elle associe le réel et le rêve. En l'occurrence la plongée, et un festival du film auquel participeront les meilleurs réalisateurs.

La grande nacre de Méditerranée *(Pinna nobilis)* dans l'herbier de Posidonies *(Ph. A. Migliozati - Fest. mond. de l'image sous-marine, 1984).*

Festival mondial de l'image sous-marine

L'archéologie en vedette

"Des galères aux grands vaisseaux" sera le thème du seizième Festival mondial de l'image sous-marine d'Antibes Juan-les-Pins (1er au 5 novembre 1989). Un grand rendez-vous pour les passionnés de la mer et les amoureux de belles images. D'autant plus que cette manifestation remarquable (elle ne cesse de faire école...) gagne chaque année un peu plus en intérêt et en impact. Ce n'est d'ailleurs que justice pour Daniel Mercier et son équipe.

Ouvert à tous, le Festival propose les concours habituels : films, vidéogrammes, diapositives, diaporamas, séries sonorisées, photos... S'y ajoute pour la première fois, le *"Prix du reportage sous-marin"* attribué par la revue *"Apnéa"*.

Pour sa part, la Fondation océanographique Ricard dotera les *"Prix de la musique et de la mer"*.

Enfin, conjointement se tiendra le 2e Salon international subaquatique d'Antibes réservé aux fabricants et importateurs de matériel de plongée.

Pour toute information et demande d'inscription écrire au Festival : 62, avenue des Pins-du-Cap, 06600 Antibes, France. Tél. : 93.61.45.45. Fax : 93.67.34.93.

Vous avez dit... "écluse" !

Suite à l'article "La mort blanche" paru dans *"Océanorama"* n° 12 - 1988, des lecteurs ont attiré notre attention sur une phrase qui évoquait les écluses du canal de Suez. Il faut donner au terme *"écluse"* le sens de sas d'attente, car il s'agit dans ce cas précis d'une écluse horizontale à voie unique.

Ainsi, en 1951, le canal fut doublé sur une longueur de onze kilomètres pour accélérer le trafic des convois dans les deux sens et réduire la durée d'attente aux lacs Amers.

A. R.

Les éditions de la Fondation

Sciences et vulgarisation

Périodiques

• ***"OCÉANORAMA"*** - Revue semestrielle d'information (printemps et automne) qui traite d'océanographie biologique et physique, d'archéologie, d'histoire... Service assuré aux adhérents sans supplément de cotisation ou abonnement. N'est pas vendue en kiosque.

• ***"VIE MARINE"*** - Cette revue scientifique publie des communications relatives à la biologie, l'écologie, l'aquaculture marines, la pollution des mers, l'aquariologie.

• ***"NOTES D'INFORMATION"*** - bulletin annuel (mai) qui rend compte de l'assemblée générale de la Fondation.

Collection *"Nature méditerranéenne"*

• **"FAUNE MÉDITERRANÉENNE - AQUARIUM-MUSÉE de la Fondation océanographique Ricard" - Ile des Embiez - Var,** par Pierre Escoubet (1984).

A la fois un guide de visite et un instrument pédagogique.

60 pages, format 15 X 21 cm - 15 F (12 F pour les adhérents) + 6,50 F de frais d'envoi.

• **"LA PARURE VÉGÉTALE DE L'ILE DES EMBIEZ",** par Roger Molinier et Paul Moutte (1987)

Guide précieux, cette brochure est aussi un éloge des plantes par la grande qualité, souvent poétique du texte, agrémenté de remarquables illustrations.

52 pages, format 15 X 21 cm - 20 F (adhérents 15 F) + 6,50 F de frais d'envoi.

• **"L'OURSIN, MÉCONNU ET MENACÉ",** par Christian Frasson, Alain Riva et Pierre Escoubet, avec la collaboration de Marie-Berthe Régis, maître de conférences à l'université d'Aix-Marseille III (1988).

Cette brochure, accessible à tous, a le mérite de réaliser un condensé des connaissances actuelles sur l'oursin.

36 pages, format 15 X 21 cm - 25 F (adhérents 20 F) + 6,50 F de frais d'envoi.

Posters

• **"L'ARBRE DE VIE"** illustre la classification généalogique simplifiée des êtres vivants marins.

• **"LE GRAND ESCALIER"** représente une coupe des fonds marins, de la surface aux plus grandes profondeurs, avec les différents étages de la vie marine.

• **"LA CHAINE ALIMENTAIRE"** montre les relations entre les différents maillons de cette vie marine, de l'infiniment petit aux plus grosses espèces.

Ces trois posters très richement illustrés sont d'un grand intérêt pédagogique et d'une valeur artistique indéniable.

Sur papier brillant (170 g) au format 52,5 X 32 cm. Envoi effectué sous emballage soigné (tube de 470 x 40 mm). Le poster : 18 F (36 F les 2, 50 F les 3). Adhérents : le poster 15 F (30 F les 2, 40 F les 3) + frais d'envoi.

⁂

Pour tout renseignement et commande s'adresser à : Fondation océanographique Ricard - 81, boulevard Anatole de la Forge - 13014 Marseille. ■

fondation océanographique

RICARD

CONNAÎTRE, PROTÉGER LA MER

Scandalisé par le rejet de "boues rouges" en Méditerranée, effrayé par l'extension et les dégâts de la pollution marine, Paul Ricard a créé l'association qui porte son nom en 1966. Son objectif : contribuer à l'étude de la mer, réaliser toutes actions pour dénoncer les agressions qui la menacent.

ÉTUDIER

- la mer, en laboratoire et sur le terrain ;
- la vie qui la caractérise, les relations entre les différentes espèces ;
- les moyens de lutter contre la pollution provenant, par exemple, des rejets urbains ou des hydrocarbures ;
- les possibilités de favoriser l'aquaculture qui apportera des compléments à la pêche, conjointement avec de grands organismes tels que l'Organisation mondiale de la Santé, l'Ifremer, Elf-Aquitaine, le ministère de l'Environnement, des agences de bassin, des universités...

INFORMER

les autres spécialistes, le grand public, des travaux réalisés et des résultats obtenus, au moyen de publications, visites commentées, conférences, projections, expositions, en liaison, notamment, avec les enseignants.

La Fondation mène depuis toujours une action très importante à l'intention des jeunes, par lesquels doit commencer toute action de sensibilisation, en particulier dans le domaine de la protection de la nature.

Les castagnoles vivent en bancs sur les côtes rocheuses. Ils s'acclimatent bien en aquarium *(Ph. Fond. oc. Ricard).*

C'est grâce à eux que les mentalités évolueront, que l'attitude à l'égard de cette dernière changera le plus rapidement.

FORMER

des amateurs à l'aquariologie et à la découverte du milieu marin méditerranéen, compléter la formation d'étudiants (thèse, D.E.A., ingéniorat...), de professeurs de biologie.

Adhérez pour renforcer cette action

La Fondation est une association régie par la loi du 1er juillet 1901, sans but lucratif. Elle compte près de mille adhérents en France métropolitaine et outre-mer, en Tunisie, en Suisse, en Belgique, aux Etats-Unis... qui appuient son action d'intérêt général (*).

La cotisation comprend notamment le service gratuit de la revue "Océanorama", *semestrielle, et des* "Notes d'information", *annuelles. Les adhérents bénéficient, en outre, de tarifs spéciaux, par exemple sur l'entrée aux conférences d'été, sur le prix de certaines éditions de la Fondation. Pour eux, l'accès aux aquariums et au musée des Embiez est gratuit sur présentation de leur carte de membre de l'année en cours.*

Visitez les aquariums et le musée

Au fort Saint-Pierre de l'île des Embiez, l'aquarium méditerranéen a été complètement rénové ; de nouveaux bacs ont été créés. Avec le musée, il est ouvert de 9 h à 12 h 30 et de 13 h 30 à 17 h 45 (18 h 30 en juillet et août), sauf le 1er janvier et les 25 et 26 décembre, de même que le mercredi matin, d'octobre à mars. Se renseigner en téléphonant au 94.34.02.49.

Pour les groupes il est nécessaire de prendre rendez-vous, soit pour la visite, soit pour une causerie ou une projection. Réservation par téléphone.

Découvrez les Embiez...

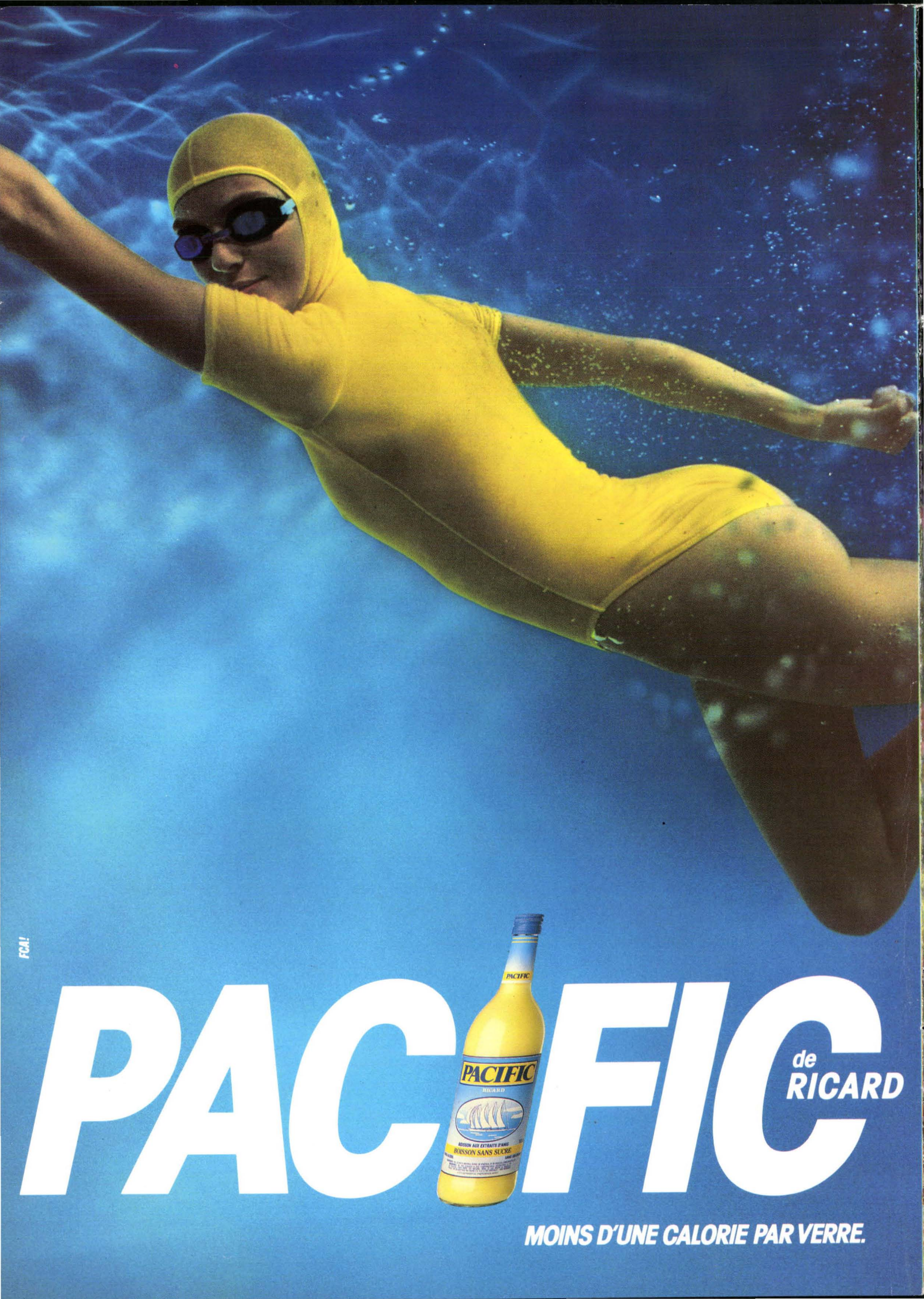
L'île vous offre de nombreuses possibilités de visites, de promenades et de loisirs. Vous pourrez suivre le sentier touristique, effectuer le tour de l'île en petit train, vous baigner sur des plages peu profondes ou dans des criques isolées. L'île comporte des possibilités d'hébergement : hôtel, appartements, studios (société S.E.P.T.-Vacances, tél. 94.74.99.00), et de restauration.

Elle est accessible tous les jours. Des vedettes assurent toute la journée la traversée maritime à partir du port du Brusc, à Six-Fours-les-Plages, près de Sanary et de Toulon. Pour les horaires, se renseigner en téléphonant au 94.34.07.51.

... et le milieu marin méditerranéen

Des stages d'aquariophilie d'une durée d'une semaine sont proposés aux Embiez. Ils intéressent aussi bien le profane qui désire élever des poissons chez lui qu'un responsable d'aquarium public, par exemple. D'autre part, des stages de plongée biologique sont organisés en collaboration avec le centre de plongée de l'île des Embiez. Pour tous renseignements, téléphoner au 91.98.12.74.

(*) Renseignements et bulletin d'adhésion sont à demander à la Fondation océanographique Ricard, 81, bd Anatole-de-la-Forge, 13014 Marseille.


FCA!
PACIFIC
de RICARD
PACIFIC
RICARD
BOISSON AUX EXTRAITS D'ANIS
BOISSON SANS SUCRE
MOINS D'UNE CALORIE PAR VERRE.