

# Association Monégasque pour la Protection de la Nature



# Association Monégasque pour la Protection de la Nature



Réserve sous-marine de Monaco  
Photo : Christian Giordan

## Compte-rendu des activités 1988-1989

## Immersion de 3 récifs-abri artificiels «Thalamé» dans la Réserve sous-marine de Monaco

A l'initiative de M. Didier Nicoletti, Président Directeur Général de la Société Assainissement Entretien Environnement Ecologie (64 avenue de Pessicart - Nice 06000 - Tél. : 93.97.00.10), la Réserve sous-marine de Monaco a été dotée de 3 récifs-abri conçus et brevetés par cette Société. Immergés provisoirement dans le Port de Monaco le jeudi 27 juillet 1989, ces trois modules ont été transférés dans la Réserve le 9 août en bordure de l'Herbier de Posidonie par - 20 mètres.



Récif Thalamé en immersion provisoire dans le port de Monaco.

Photo : Gilbert Céretti.

Pour l'information de nos lecteurs nous donnons ci-après les caractéristiques de ce récif.

### «THALAME» RÉCIF-ABRI ARTIFICIEL

Ce récif modulaire est destiné à créer des abris pour les poissons littoraux.

Son originalité correspond aux caractéristiques suivantes :

- le volume du récif est constitué par une structure formant une cavité obscure **sur le sol marin**. Ainsi, le sol de l'abri est constitué par le substrat naturel.

Le récif-abri imite ainsi parfaitement les abris ou «ragues» dans lesquels la grande majorité des poissons littoraux se cachent. Les ragues naturelles les plus fréquentées sont également des cavités obscures avec un substrat sableux naturel «balayé» régulièrement par de faibles courants.

En Méditerranée, les Sparidés, les Labridés, les Serranidés, les Sciaenidés, les Loups (*Dicentrarchus labrax*), les Mugilidés (lors du frai), les Mostelles (*Phycis physis*), ainsi que les Saupes adultes (*Sarpa salpa*) se rencontrent toujours dans ce type d'abri assez rare dans la nature.

Ce récif ne convient pas aux poissons prédateurs que l'on ne cherche géné-

ralement pas à multiplier : Congres (Conger conger) et Murènes (*Muraena helena*) et qui préfèrent des failles étroites.

- Plusieurs entrées permettent l'accès au récif-abri. **Ces entrées sont toutes disposées au niveau du sol.**

La plus grande partie du volume du récif ne peut être vue de l'extérieur et reste à l'obscurité.

Ces entrées seront évasées vers l'extérieur, de telle sorte qu'elles ne soient pas dans le même axe.

La plupart des poissons cherchent des abris à **plusieurs sorties**. Ils aiment aussi se cacher complètement de telle façon qu'on ne puisse les voir sans entrer dans le récif (le poisson se «colle» au plafond du récif).

- Le récif-abri a une forme hémisphérique, il ne comprend aucune aspérité et son contour s'enfonce légèrement dans le sol sous le poids de la structure (2800 kg).

**Les pêcheurs professionnels peuvent donc pêcher sur ce type de récif sans accrocher leurs filets.** La pêche étant interdite dans la Réserve sous-marine de Monaco, il va de soit que les observations faites sur ce type de récif au regard du comportement des poissons pourront être mises à profit pour l'immersion dans des sites choisis le long

du littoral de la Principauté, hors des limites de la zone protégée, où les pêcheurs professionnels pourront venir câler leurs filets.

- La structure du récif-abri a été réalisée en béton armé. Un matériau de pierre naturelle concassée est incrusté en surface, afin de favoriser et d'accélérer la couverture algale de la face exposée à la lumière du soleil.
- Le récif-abri peut être disposé isolé ou en petit groupe jointif. Il n'est pas nécessaire ni souhaitable de constituer de grands amoncellements de ce type de récif qui n'est pas à vocation «nutritionnelle» mais d'abri quotidien ou épisodique (saisonnier ou pour le frai) pour des poissons souvent sédentaires et territoriaux.

**Le récif-abri a fait l'objet d'un brevet d'invention déposé par la Société Assainissement Entretien Environnement Ecologie (A.E.E.E.),**

dans les pays suivants : France, Monaco, R.F.A., Belgique, Pays-Bas, Italie, Espagne, Grande-Bretagne, Grèce, Suède, Etats-Unis, Canada, Japon.

Inventeurs : Messieurs A. Gueli, A. Meinesz, J. Mono, M. Simonian.

Le suivi de la colonisation des trois modules sera assuré par nos plongeurs sur une période d'une année.

Nous tenons à renouveler nos vifs remerciements à M. Didier Nicoletti et à la Société A.E.E.E. ainsi qu'aux services techniques du Département des Travaux Publics et des Affaires Sociales pour l'assistance qu'ils nous ont accordée à l'occasion de l'immersion de ces nouveaux récifs.



Récif Thalamé immergé à - 20 mètres dans la Réserve. Photo Denis Arnould

## Immersion d'un bateau épave dans la Réserve sous-marine

En juin 1989, nous étions informés par la Direction du Port de Fontvieille que le propriétaire d'un bateau en teck ayant les dimensions ci-après : longueur 12m, largeur 4m, hauteur totale 3,50m, était disposé à nous l'offrir pour l'immerger à usage de récif artificiel dans notre Réserve.

Diligentée sous le contrôle de la Direction du Service de la Marine et de la Direction des Douanes, la procédure d'abandon a été conduite rapidement nous permettant de réaliser ce nouveau récif artificiel. Le bateau a été débarrassé de tous ses éléments métalliques, la coque nettoyée des hydrocarbures qu'elle pouvait encore contenir. Notre ami Christophe Spiliotis-Saquet, après reconnaissance d'un site favorable, l'a immergé le 6 octobre 1989 sur un fond de sable par -20m à proximité de l'Herbier de Posidonie en limite Ouest de la Réserve sous-marine.

Dès le 11 novembre 1989 nos plongeurs constataient la présence de nombreux bancs de poissons tant à l'intérieur qu'autour de l'épave.



Récif épave, vue du pont.

Photo : Jean-Michel Mille

## Réalisation du film "Pour que Vive la Méditerranée"

Le Gouvernement Princier et notre Association, saisis par M. le Professeur Nardo Vicente, Directeur du Centre d'Etudes des Ressources Animales Marines (Université d'Aix-Marseille III), d'une proposition de réalisation d'un film montrant l'évolution de la santé de la Méditerranée et des activités humaines sur son littoral, ont accordé une participation financière à cette production.

Le film «Pour que vive la Méditerranée» a été tourné par M. Christian Pétron, spécialiste en images sous-marines sous la direction scientifique de M. le Professeur Vicente. L'objectif des auteurs était de mettre l'accent sur ce qui va mieux en Méditerranée, ce qui est stable et ce qui empire.

Plusieurs mois de travail pour explorer les sites du littoral de Marseille à Monaco (Port Cros - Les Embiez, Carry le Rouet), examiner les peuplements (herbiers de Posidonie, tombants coralligènes), faire le point comparatif des zones polluées et celles qui renaissent à la vie par la mise en service de stations d'épuration des eaux urbaines.

Une attention toute particulière a été portée aux aménagements côtiers avec les contraintes qu'ils font subir au milieu (destruction de la faune et de la flore de l'étage infralittoral).

Ce film apporte au spectateur une information détaillée sur les sites protégés Port Cros, Carry le Rouet, Monaco.

A cet égard notre Réserve sous-marine fait l'objet d'une investigation qui met en lumière le rôle des récifs que nous y avons immergés, le retour d'espèces qui allaient fatalement vers une disparition, la qualité de l'eau qui sera encore améliorée dès la mise en service prochaine de la station d'épuration



Serpule - *Serpula vermicularis*  
Photo : Jean-Michel Mille

De très belles prises de vues assorties d'un commentaire qui se veut optimiste car la prise de conscience tant souhaitée est devenue aujourd'hui une réalité que rien ne pourra plus arrêter au fil des ans.

Achévé en avril 1989, ce film a été remis aux établissements scolaires de la Principauté afin que nos jeunes comprennent mieux l'importance de la lutte engagée pour que Vive la Méditerranée.

Il sera bien évidemment présenté à l'occasion des Festivals ou des Congrès où notre Association sera invitée.

Seiche - *Sépia officinalis* Photo : D. Luquet



# Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (F.A.O. - Revue) Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée

## A - II<sup>ème</sup> Consultation Technique sur le corail rouge de Méditerranée (Torre del Greco - Naples 27/30 septembre 1988)

Organisée par le Conseil Général des Pêches pour la Méditerranée sous l'égide de la F.A.O., cette consultation groupait les représentants des pays ci-après :

Algérie - Espagne - Grèce - Italie - Malte - Monaco - Tunisie - Yougoslavie,

assistés des techniciens et spécialistes :

- de l'Organisation des Nations-Unies,
- du programme des Nations-Unies pour l'Environnement (P.N.U.E.),
- des organisations non gouvernementales,
- de «Traffic International»,
- du Département des Pêches de la F.A.O.

La présidence de la Consultation a été confiée à M. Fabio Cicogna, Président du C.L.E.M. et la Vice-Présidence à M. Ghachem Kadari, Directeur du Centre d'Etudes et de Recherches pour les Pêches d'Algérie.

Quarante techniciens, spécialistes du corail rouge et professeurs d'universités ont apporté leur concours (communications écrites, exposés oraux, projections) à cette consultation.

L'essentiel des travaux a porté sur :

- l'évaluation des stocks de corail, (*Corallium rubrum*)
- leur situation géographique sur le pourtour méditerranéen,
- les quantités récoltées annuellement et les perspectives d'avenir pour les flottilles,
- la pression de l'effort de pêche,
- l'examen des possibilités de culture artificielle du corail,
- les techniques de récolte (croix de Saint André, barre italienne, plongeurs sous-marins, engins autonomes ou téléguidés),
- la création de réserves protégées.

Parmi les questions évoquées, deux intéressaient plus particulièrement la Principauté :

- A. La création par voie réglementaire d'une zone de protection du tombant coralligène de la Pointe Focignana (bd. Louis II) a fait l'objet de commentaires élogieux. Bien qu'elle soit d'une étendue restreinte, cette zone aujourd'hui protégée a été citée comme un exemple à suivre dans le cadre d'une politique internationale méditerranéenne de sauvegarde des

stocks de corail rouge. Cette zone est désormais inscrite sur les cartes marines où figurent les bancs de corail répertoriés en Méditerranée.

- B. La délégation italienne, par la voix du Professeur Riccardo Cattaneo a proposé qu'un programme de recherches coordonnées soit mis à l'étude afin de mieux préciser la biologie du corail, la technologie d'extraction, les aspects socio-économiques de la cueillette, les méthodes pouvant conduire à terme à une production artificielle.

L'Algérie, l'Espagne, Malte, la Tunisie et la Yougoslavie ont approuvé le principe du programme italien. Leur accord définitif reste cependant subordonné aux financements à dégager pour les trois années à venir.

Le Président de l'A.M.P.N., Vice-Président du C.G.P.M. a proposé que la Principauté soit partie prenante à ce programme dans le cadre des activités développées par l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature, gestionnaire de la Réserve sous-marine de Monaco et de la Réserve à corail. Notre participation a été axée sur la construction et l'immersion de quatre grottes artificielles.

### Construction de 4 grottes artificielles

#### Intervention de la S.A.M. «Entreprise des Grands Travaux Monégasques» (E.G.T.M.)

Confiée à la S.A.M. «E.G.T.M.» la construction de ces grottes a été réalisée dès le mois de décembre 1988 sur la base des dimensions précisées par le Professeur Cattaneo. D'un poids unitaire de 8 tonnes, comportant des structures en béton armé traité avec un enduit rugueux pour faciliter la colonisation par la faune et la flore, elles ont été immergées le 13 janvier 1989 (2 au pied de la pointe Focignana à -28 m et 2 dans la zone Ouest de la Réserve sous-marine à -30 m).

Nous renouvelons nos vifs remerciements à M. Raimbaut, Directeur, qui au nom de sa Société a offert ces 4 grottes à notre Association. Nos remerciements s'adressent également à M. le Directeur du Service des Travaux Publics pour le précieux concours qu'il a apporté à la réussite d'une opération délicate à bien des égards.



Le Professeur Riccardo Cattaneo et M. Denis Allemand, Docteur es-sciences, sur le chantier de constructions des grottes artificielles à corail.  
Photo : Eugène Debernardi



Corail rouge (*Corallium rubrum*) sur la façade coralligène de la Réserve de Monaco.

Photo : Jean-Michel Mille

### Expérience de culture de corail en mer par Riccardo Cattaneo-Vietti (Institut de Zoologie de l'Université de Gênes-Italie)

Au cours des dernières années est apparue dans le bassin méditerranéen l'opportunité de réaliser la gestion d'une ressource marine particulière celle du corail rouge (*Corallium rubrum*). Cette préoccupation s'est trouvée confirmée à l'occasion des congrès internationaux tenus sous l'égide de la F.A.O. à Palma de Majorque (1983) et à Torre del Greco (1988) auxquels ont participé de nombreux pays méditerranéens et des organisations internationales.

Lors de ce dernier congrès les représentants des pays concernés ont souligné l'urgence de promouvoir une série de recherches en vue d'évaluer scientifiquement cette ressource dans toutes les zones de la Méditerranée où elle est susceptible d'exister encore, car elle est fortement menacée par une pêche incontrôlée. Dans le cadre d'un programme scientifique que le C.L.E.M. de Massa Lubrense (Italie), en collaboration avec divers instituts italiens, a proposé aux ministères (Marine Marchande, Agriculture et Forêts), l'Institut de Zoologie de l'Université de Gênes a demandé à l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature d'envisager une recherche pour vérifier s'il est possible de réaliser une expérience de culture de corail en mer.

Le choix du site s'est porté sur la zone du littoral de la Principauté où existe un tombant coralligène protégé par voie réglementaire et sur la Réserve sous-marine. La disponibilité des membres de l'A.M.P.N., l'enthousiasme qui les anime et la surveillance qu'exercent les services de police ont été les éléments déterminants de s'en mer à long terme avec la certitude que les structures immergées ne seront pas malmenées.

L'A.M.P.N. a ainsi réalisé les structures nécessaires pour cette expérience en

construisant quatre «grottes» en béton armé.

Ces grottes en forme de tunnel ont été positionnées sur le fond suivant des axes longitudinaux perpendiculaires de telle manière qu'il soit possible de vérifier l'incidence des courants parallèles à la côte et ceux qui intéressent la falaise immergée. En ce qui concerne cette falaise un critère particulier a été retenu : il existe en effet entre les côtes -28 m et -40 m un peuplement de corail rouge (*Corallium rubrum*) à basse densité (< 5 colonies par m<sup>2</sup>) dont les caractéristiques biométriques moyennes sont indiquées au tableau 1.



Les deux autres grottes immergées dans la Réserve sous-marine l'ont été à proximité d'un affleurement rocheux où le corail n'existe pas.

Après quelques mois d'immersion afin que le béton des grottes soit lavé naturellement et débarrassé de toutes traces de laitance, une mission composée du Professeur Cattaneo et de MM. Giorgio Bavestrello, Marco Barbieri et Lorenzo Senes a engagé les 9, 10 et 11 mai 1989 le processus de recherches sur le site.

Dans chaque grotte ont été installés 3 panneaux de polypropylène, fixés verticalement et horizontalement dans lesquels ont été inclus les brins de corail prélevés à proximité.

Ces panneaux aux dimensions 60 x 19 x 3 portent chacun 6 colonies de corail fixées par de petites vis. Au total il a été utilisé 72 brins de corail. Quelques-unes des faces de ces panneaux ont été rendues rugueuses pour améliorer la fixation des planules.

Chaque colonie a été photographiée dans son site avec un rapport 1/3.

La finalité de cette expérience qui en est à peine à ses débuts peut se résumer ainsi :

- vérifier la possibilité d'implanter des colonies sur des substrats artificiels ;
- quantifier l'éventuelle rapidité de croissance de ces mêmes colonies ;
- vérifier le rôle des divers substrats dans le développement des colonies ;
- vérifier le rôle des parasites notamment les éponges perforantes (*Cliona*) et examiner les dispositions à mettre en œuvre pour en limiter l'incidence ;
- vérifier la possibilité de reproduction et d'implantation de nouvelles colonies à l'intérieur des grottes artificielles ;
- vérifier que ce type de grottes puisse servir de point de départ à la diffusion de larves dans des aires où les caractéristiques biologiques sont susceptibles de favoriser le développement du corail alors que dans ces mêmes aires, pour des causes diverses n'existe aucune colonie de corail.

Implantation des brins de corail à l'intérieur d'une grotte artificielle.

Photo : Jean-Michel Mille

TABLEAU 1 : Mesures biométriques du corail rouge de la pointe Focignana (diamètre en mm)

	base	1 <sup>er</sup> brin	2 <sup>e</sup> brin	3 <sup>e</sup> brin	4 <sup>e</sup> brin
valeur	7,9	5,5	4,3	3,4	2,5
moyenne	1,9	1,3	0,9	0,6	0,6

Les mesures portées au tableau 1 mettent en évidence qu'il s'agit de brins de corail de petites dimensions, sans aucune valeur commerciale.

**Esperienze di corallicoltura nella Riserva Marina di Monaco**  
**Riccardo Cattaneo-Vietti**  
**Istituto di Zoologia dell'Università di Genova**

Negli ultimi anni è cresciuta, nel bacino mediterraneo, la preoccupazione relativa ad una errata gestione della risorsa corallo rosso, preoccupazione che si è affermata nell'ambito di due workshops internazionali organizzati dalla FAO a Palma di Maiorca (1983) e a Torre del Greco (1988) ed a cui hanno partecipato molti paesi mediterranei ed organizzazioni internazionali.



*Inclusions de Corail dans les panneaux de polypropilène.* Photo : Jean-Michel Mille

In quest'ultimi paesi partecipanti hanno sottolineato l'urgenza di promuovere una serie di ricerche atte a valutare scientificamente tale risorsa che, in alcune aree mediterranee, appare fortemente minacciata da una pesca incontrollata. Nell'ambito di un vasto programma di ricerca che il CLEM di Massa Lubrense, in collaborazione con diversi istituti scientifici italiani, ha proposto ai competenti Ministeri italiani (Ministero della Marina Mercantile e Ministero dell'Agricoltura e Foreste), l'Istituto di Zoologia dell'Università di Genova ha chiesto all'AMPN di poter svolgere, in collaborazione, una ricerca atta a verificare la possibilità di una coralli coltura in mare.

La scelta è caduta sulla zona della punta Focignana e sulla Riserva Marina di Monaco, non solo per la pronta ed entusiastica disponibilità offerta dall'A.M.P.N., ma anche perchè la sorve-

glianza continua che viene svolta nella Riserva monegasca, permette di condurre esperienze in mare a lungo termine con la certezza che le strutture immerse non vengano manomesse.

L'A.M.P.N. in pochi mesi ha realizzato le strutture necessarie per la sperimentazione, costruendo quattro «grotte» sperimentali in cemento armato.

Le grotte, che di per sè costituiscono un tunnel, sono state posizionate sul fondo perpendicolarmente l'una all'altra, in modo da verificare i diversi effetti dovuti alle correnti marine parallele alla costa e quelle in risalita lungo la scarpata.

Anche nella scelta delle stazioni si è seguito un criterio atto a verificare alcune condizioni: nella falesia del Loew's, tra i 28 ed i 40 m di profondità esiste un popolamento a *Corallium rubrum* a bassa densità (5 colonie a mq) le cui caratteristiche biométriche medie sono riportate in tabella n.1, mentre al Larvotto le grotte sono state poste in prossimità di affioramenti rocciosi in cui non c'è presenza di corallo.

Passati alcuni mesi, necessari affinché le strutture venissero «dilavate», ai primi di maggio del 1989 è iniziata la sperimentazione vera e propria.

In ogni grotta sono stati posti 3 pannelli in polipropilene posti sia verticalmente che orizzontalmente in cui sono state fissate le colonie raccolte nella falesia del Loew's.

Ogni pannello, delle dimensioni di 60 x 19 x 3 cm, porta 6 colonie di corallo fissate con morsetti. In totale sono state utilizzate 72 colonie. Alcune superfici dei pannelli sono state rese ruvide per migliorare la possibilità di insediamento delle planule.

Ogni colonia è stata fotografata in situ con un rapporto 1 : 3.

Le finalità della sperimentazione, che è appena agli inizi, possono così riassumersi:

- verificare la possibilità di impiantare colonie su substrati artificiali;
- quantificare l'eventuale velocità di crescita di queste colonie;
- verificare il ruolo di diversi substrati sullo sviluppo delle colonie;
- verificare il ruolo dei parassiti (soprattutto poriferi cionidi) e studiare misure atte a limitarli;
- verificare la possibilità di riproduzione ed impianto di nuove colonie all'interno di grotte artificiali;
- verificare la possibilità che questo tipo di grotta possa considerarsi punto di diffusione di larve in aree in cui le caratteristiche ambientali siano favorevoli allo sviluppo del corallo, ma che, per varie cause, sia in queste scomparso.



*Tapis de corail à proximité d'une grotte artificielle.*

Photo : D. Luquet

**TABELLA 1:**  
**Misure biometriche del corallo rosso della punta Focignana (diametro in mm)**

	base	1° ramo	2° ramo	3° ramo	4° ramo
valore medio	7,9	5,5	4,3	3,4	2,5
dev.stand.	1,9	1,3	0,9	0,6	0,6

Come appare evidente dalle misure medie riportate si tratta di corallo di piccole dimensioni, di nessun valore commerciale.

# Evaluation de l'état de santé d'organismes marins : la mesure du calcium intracellulaire est elle un bon index ?

Denis Allemand (1), Philippe Walter (2), Guy de Renzis (2)

(1) Centre Scientifique de Monaco, Musée Océanographique MC 98000 Monaco, Conseiller Scientifique au sein du Conseil d'Administration de

P.A.M.P.N.,

(2) U.R.A. C.N.R.S. 651, Université de Nice, Parc Valrose, 06034 Nice Cedex

Durant l'année universitaire 1987-1988, l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature a aidé financièrement M. Philippe Walter pour la réalisation d'expériences *in situ* qui lui ont permis de soutenir en septembre 1988 un Diplôme d'Etudes approfondies en pharmacologie cellulaire à l'Université de Nice. Ce travail de recherche, intitulé «Effet médiateur du calcium dans la toxicité du mercure. Mise au point d'un test physiologique de la santé d'un écosystème» a été effectué sous la direction scientifique de Denis Allemand au Laboratoire de Physiologie cellulaire et comparée de l'Université de Nice pour l'approche en laboratoire. Les expériences de terrain ont été effectuées dans la réserve sous-marine de Monaco, avec la collaboration de Philippe Delmas du Centre d'Etudes des Ressources Animales Marines de Marseille. Nous exposons ici les résultats de ce travail.

Le niveau de pollution d'un biotope aquatique est évalué dans la pratique courante presque essentiellement par l'analyse chimique de l'eau. Si la teneur en polluants mesurée est supérieure aux normes de qualités établies, on considère le milieu comme pollué. Cette méthode souvent longue à mettre en route et coûteuse, ne permet qu'une compréhension limitée de l'état de santé d'un environnement, car les conséquences écologiques d'une pollution sont biologiques et non chimiques. Par exemple, ce type de mesure ne prend en compte souvent que quelques types de polluants (détergents, hydrocarbures, métaux lourds...), de nombreux polluants chimiques aux effets biologiques néfastes pouvant ainsi échapper à la mesure. D'autre part, plusieurs polluants présents en quantités non détectables peuvent en synergie provoquer des effets toxiques considérables. En ce qui concerne les métaux lourds, leur dosage dans les organismes, méthodologiquement très astreignant, ne renseigne pas sur l'état de santé de l'organisme. En effet, celui-ci dispose de systèmes de détoxification (métallothionéines, vésicules) capables de séquestrer les métaux lourds afin de les rendre inoffensifs. La mesure de la concentration en métaux lourds dans l'organisme n'est donc pas un bon index de l'état de santé des organismes. Enfin, des formes de pollutions autres que chimiques peuvent entraîner des stress importants chez les animaux. Puisque les modifications physico-chimiques de l'eau se traduisent au niveau des systèmes biologiques par des modifications physiologiques, biochimiques ou histologiques, il est apparu plus logique d'utiliser les réponses des organismes à ces perturbations pour tenter directement d'évaluer l'état de santé de l'écosystème. Ainsi depuis ces dernières années, se développent en laboratoire et sur le terrain des études visant à définir des tests biologiques sensibles et efficaces (ou biomonitoring).

Parmi les paramètres biochimiques utilisés, la mesure récente des activités enzymatiques des systèmes de bioprotection induits par de nombreuses drogues, est l'une des plus utilisée actuelle-



Récif artificiel à - 8 mètres.

Photo : Jean-Michel Mille

ment (voir dans le précédent compte rendu de l'A.M.P.N. l'article de Marc Lafaurie, p. 25). Cependant, ce système n'est sensible qu'à un type de polluants. Nous avons donc tenté d'appliquer les résultats de notre recherche fondamentale à la mise au point de tests biologiques de terrain.

## 1. - Le rôle du calcium ( $Ca^{++}$ ) en physiologie cellulaire

Nos recherches en laboratoire concernent l'étude du rôle du calcium intracellulaire en physiologie normale ou pathologique. Le contrôle et le déclenchement d'un grand nombre d'événements cellulaires s'effectuent grâce à des variations très faibles de la concentration en calcium ionisé dans la cellule. Ainsi lorsqu'une hormone, un neurotransmetteur, un spermatozoïde ou tout autre événement extracellulaire touche la surface de la cellule cible, le message est transmis à l'intérieur de la cellule. Cette transmission s'effectue dans de très nombreux cas par une augmentation transitoire de la concentration en calcium, qui joue alors le rôle de messager intracellulaire. Dans les conditions normales, l'homeostasie calcique est assurée par des mécanismes complexes qui maintiennent la concentration intracellulaire de calcium libre à des valeurs extrêmement basses.

Lorsque des cellules subissent une agression, que celle-ci soit physiologique (vieillesse, mue, réponse immunitaire...) ou pathologique (pollution, drogue, parasite...), on s'aperçoit que la

concentration de calcium libre à l'intérieur de la cellule augmente. Cette augmentation entraîne des perturbations importantes dans la régulation des systèmes physiologiques normalement régulés par le calcium, et peut conduire, si le stimulus toxique subsiste, à la mort des cellules. Ainsi le contenu calcique intracellulaire constitue un index valable de la santé d'un organisme vivant. Il commence à être utilisé en neurologie pour évaluer les lésions subies par le système nerveux humain. Ayant mis en évidence en laboratoire, les interactions de métaux lourds avec le calcium, nous avons voulu étudier si la simple mesure de la concentration de cet ion dans la cellule était un index valable de la santé d'un organisme.

## 2. - Résultats préliminaires obtenus lors d'études sur le terrain

Pour effectuer nos expériences préliminaires, nous avons choisi un organisme benthique commun sur nos côtes et à forte valeur commerciale, l'oursin.

En collaboration avec Ph. Delmas du Centre d'Etudes des ressources animales marines, de la Faculté des Sciences et Techniques de Saint Jérôme à Marseille, nous avons mesuré le contenu en calcium total de gonades d'oursins dits «pollués» prélevés dans la zone de Marseille-Cortiou. Cette zone est soumise à une forte pollution à dominante domestique, puisque l'émissaire de l'agglomération marseillaise y est situé. Nous avons comparé les valeurs du contenu calcique mesurées sur ces oursins «pollués» avec celles mesurées sur des oursins dits «témoins» prélevés en dehors de la zone soumise aux affluents de l'égout. La figure 1 montre clairement que le contenu en calcium des oursins «pollués» est deux fois supérieur à celui des oursins témoins. Afin d'évaluer si cette mesure était vraiment un index de l'état de santé de l'oursin au moment de son prélèvement, il nous fallait déterminer si le calcium revenait à des valeurs normales lorsque l'animal n'était plus soumis aux pollutions. Nous avons pour cela transféré nos oursins dans un environnement sain, la réserve



sous-marine de Monaco, et nous avons suivi pendant plusieurs mois l'évolution de ce paramètre. La figure 1 montre que l'oursin régule son calcium total puisque celui-ci décroît dans le laps de temps étudié jusqu'à des valeurs proches de celles des témoins.

Cette étude préliminaire suggère donc que la mesure du calcium total de tissus vivants pourrait être appliquée de façon utile à l'évaluation de l'état de santé d'un organisme. Cependant, avant de devenir un outil valable, cette technique demande à être élargie à d'autres types d'organismes marins et à être vérifiée sur d'autres types de tissus.

Les résultats exposés dans cet article ont fait l'objet de communications à des congrès scientifiques internationaux (29th Congress of the European Society of Toxicology, Munich, septembre 1988; C.I.E.S.M., Athènes, octobre

1988; 5th International Symposium on responses of marine organisms to pollutants, Plymouth, avril 1989), ainsi que d'articles dans des revues d'audience

internationale (Biochimica and Biophysica Acta 1012 (1989): 219-226; Journal of Marine Environmental Research, sous presse).

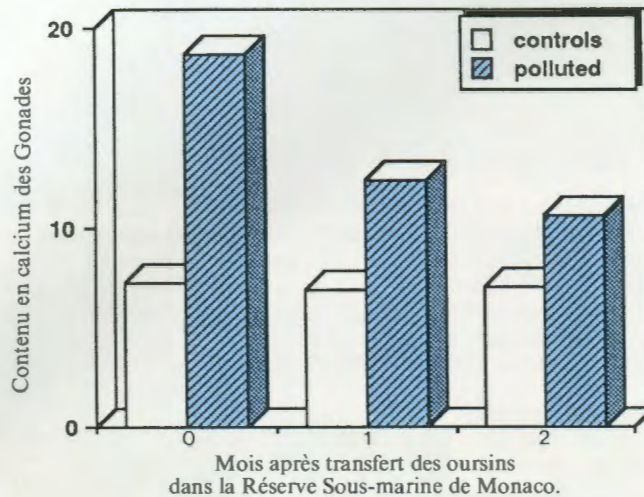


Figure 1 : Evolution du calcium total de gonades d'oursins (*Paracentrotus lividus*) provenant de la zone de Cortiou (temps 0) au cours des processus de détoxification dans la réserve sous-marine de Monaco.

## Intracellular calcium as an index of health state of marine organisms

Denis Allemand (1), Philippe Walter (2), Guy de Renzis (2)

(1) Centre Scientifique de Monaco, Musée Océanographique MC 98000 Monaco,

Conseiller Scientifique au sein du Conseil d'Administration de l'A.M.P.N.,

(2)U.R.A. C.N.R.S. 651, Université de Nice, Parc Valrose, 06034 Nice Cedex

Programs for monitoring pollution in aquatic areas are focused on chemistry. However, such analyses are expensive and laborious. Furthermore, chemical monitoring presupposes that the contaminants likely to be toxic are known. The biological effects of waste is of primary concern, so biological monitoring should have a central position in any monitoring program.

For this purpose, some international research programs have been devoted to use of several biochemical measurements as representative indices of the health of organisms, particularly induction of the enzymatic system of biotransformation of xenobiotics (see Marc Lafaurie' paper in the latest issue of the *Compte-rendu de l'AMPN*, page 25). However, this latter measurement is restricted to organic pollutants. The aim of our research is to apply the results of our fundamental work on cell calcium homeostasis to a larger system of field monitoring.

### 1. Role of calcium ion in cell physiology.

It has been recognized during the last ten years that calcium ( $Ca^{++}$ ) plays a pivotal role as a messenger linking stimuli of extracellular origin to the intracellular compartment. Stimuli of various nature, chemical (hormones, growth factor, neurotransmitters...), cellular (sperm...) or physical (light, pressure...) cause a transitory rise of intracellular free calcium concentration. This rise is, in turn, responsible for a wide spectrum of effects. To control their cytosolic calcium concentration, cells have powerful membrane transport systems.

More recently, it has been shown that  $Ca^{++}$  can also play a critical role in a

variety of physiological (ageing, moulting...), pathological (immunological response, viruses...) and toxicological (action of pollutants, drugs, toxic agents...) processes. Disruption of intracellular  $Ca^{++}$  homeostasis is now specifically associated with the progress of cell injury. Persistent, high elevation of intracellular calcium concentration has deleterious effects and ultimately leads to cell death. Measurement of calcium ion concentration now allows a new approach to evaluating neurotoxic damage.

Our results have shown that heavy metals can also induce an increase of  $Ca^{++}$  concentration in cells. Therefore, we have tested to see if the measurement of this parameter can be applied also in biological monitoring of marine environments.

### 2. Preliminary results in field experiments.

We have measured the total calcium content of gonads from sea urchins (*Paracentrotus lividus*) collected in a highly polluted area submitted to a domestic waste from the sewerage of Marseilles (zone of Cortiou). Figure 1 shows that the gonad calcium content of these animals is up to twice as high as that measured on sea urchin from an unpolluted zone located 2800 m to the West of the drain outlet and used as the control.

After the transfer of both of these two groups of sea urchins to an unpolluted area, i.e. the Underwater Reserve of Monaco, we observed that the calcium content decreased rapidly.

These preliminary results suggest that calcium content measurements provide a useful index of the instantaneous health state of marine organisms; it can be easily developed for field investigation.

These results have been presented during International Scientific Congress (29th congress of the European Society of Toxicology, Munich, September 1988; CIESM, Athènes, October 1988; 5th International Symposium on responses of marine organisms to pollutants, Plymouth, April 1989), and published in scientific journals (*Biochimica and Biophysica Acta 1012* (1989): 219-226; *Journal of Marine Environmental Research*, in press).

Figure 1 : Evolution of total calcium content of sea urchins (*Paracentrotus lividus*) gonads collected near Cortiou (0) during the detoxification processes in the Underwater Reserve of Monaco.

# Evolution au cours du temps des concentrations en métaux lourds dans les gonades et les contenus digestifs d'oursins comestibles provenant d'une zone polluée et placés en stabulation dans la Réserve sous-marine de Monaco

par Ph. Delmas, C.E.R.A.M., U.E.R. Aix-Marseille III

Av. Escadrille Normandie-Niemen (case 341) 13397 - Marseille Cedex 13 - Tél. 91.28.84.41

## Introduction

- En 1986 nous avons pu, grâce au concours de l'Association Monégasque pour la Protection de la Nature, réaliser une première expérience de décontamination de *Paracentrotus lividus* dans la Réserve sous-marine de Monaco (Delmas 1987). En début d'expérimentation, les oursins provenant de la zone de Marseille-Cortiou soumise à une pollution à dominante domestique renfermaient dans leurs gonades et leurs contenus digestifs de fortes concentrations en métaux lourds; après six mois de stabulation, nous avons pu observer qu'il n'en restait que de faibles quantités, proches de celles mesurées chez des échinoides du Parc National de Port-Cros considéré comme une zone de référence.

- Les résultats de cette étude, d'intérêt économique non négligeable pour les oursiniers repeuplant leurs pêcheries à partir d'oursins provenant de la zone de rejet du grand émissaire de Marseille, devaient cependant être confirmés par d'autres observations. C'est le but que nous nous sommes donné en réalisant en 1988 cette nouvelle expérience.

## 1 - Matériel et méthode.

- Les méthodes utilisées au cours de cette étude sont identiques à celles de l'expérience de 1986. En Mai 1988, 400 *Paracentrotus lividus* ont été prélevés en plongée en scaphandre autonome dans deux stations, 1 et 2, situées respectivement à 1200 et 2800m à l'Ouest du rejet de Marseille-Cortiou dans le sens d'étalement de la nappe de pollution (Fig. 1). Les oursins ont été transportés le jour même à Monaco et immergés dans la réserve sous-marine. Afin d'éviter tout effet de prédation ou de fuite, 150 échinoides ont été installés dans chacune des 2 cages sans fond - déjà utilisées en 1986 (Delmas 1987) - amarrées à 10m de profondeur sur l'herbier de Posidonies. En début d'expérience, les diamètres moyens des individus étaient respectivement pour les stations 1 et 2 de:  $28,6 \pm 2,5$ mm et  $38,8 \pm 3$ mm.

- Les concentrations en cuivre, plomb, cadmium, zinc et nickel ont été mesurées chaque mois dans les gonades et les tubes digestifs de 20 oursins par cage. Après dissection et lyophilisation, les organes étudiés ont été minéralisés par action au bain marie à 70°C d'un mélange d'acide nitrique et d'acide perchlorique concentrés; après filtration, les solutions obtenues ont été analysées par spectrophotométrie d'absorption atomique sur Varian Spectraa - 10/20. Afin d'avoir des mesures de référence, nous avons analysé dans les mêmes conditions des *P. lividus* prélevés à la Gabinière, dans le Parc National de Port Cros en juin 1988.

- Enfin, la ville de Marseille s'étant dotée en novembre 1987 d'une station d'épuration de mode physico-chimique éliminant normalement la plupart des métaux lourds, nous avons tenté d'établir une comparaison entre l'évolution des concentrations chez les oursins placés en stabulation à Monaco et ceux restés dans leur milieu d'origine; les méthodes d'étude étant identiques à celles précédemment décrites.

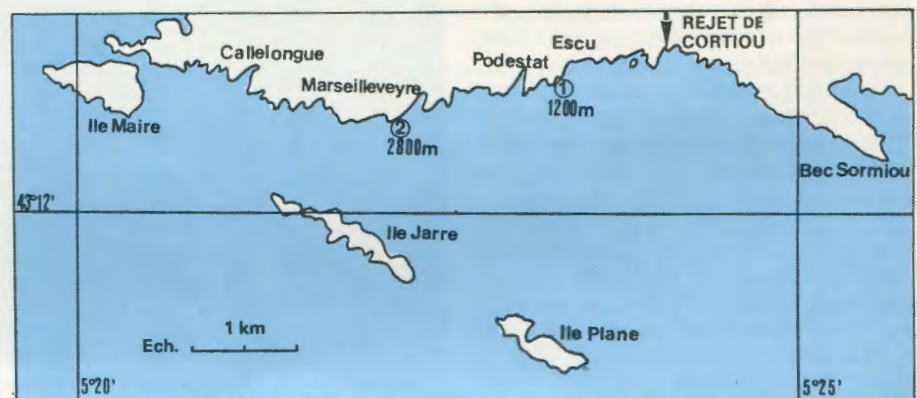


Fig. 1. - Localisation des stations de prélèvement.

		5/88	6/88	7/88	8/88	9/88	PNPC 6/88
C A G E	Pb G :	5,28	4,07	2,48	1,96	1,46	0,96
	CD :	13,13	6,84	3,00	3,34	2,40	3,40
	Cu G :	7,00	6,68	6,62	4,58	1,25	0,00
	CD :	12,50	8,75	6,25	1,66	0,41	2,50
1	Cd G :	1,21	0,56	1,07	0,00	0,30	0,45
	CD :	0,75	1,06	1,36	0,30	0,75	0,75
	Zn G :	33,75	35,14	14,89	10,65	10,29	13,51
	CD :	23,81	17,23	13,52	6,28	4,59	4,91
Ni	G :	41,75	51,54	66,39	16,75	4,25	4,25
	CD :	54,25	8,42	6,00	16,75	4,25	4,25
C A G E	Pb G :	0,47	1,87	2,43	0,00	1,93	
	CD :	6,84	3,37	5,43	6,90	1,96	
	Cu G :	6,13	6,66	6,25	3,75	0,00	
	CD :	12,50	11,66	6,25	1,25	0,00	
2	Cd G :	1,26	1,36	0,30	0,60	0,30	
	CD :	0,90	0,60	0,15	0,45	0,75	
	Zn G :	33,38	62,20	10,75	25,72	26,55	
	CD :	12,50	17,82	11,37	10,29	5,74	
Ni	G :	9,97	37,58	20,92	29,25	12,58	
	CD :	12,58	29,17	29,25	12,58	16,75	

Tableau 1 - Dynamique de la concentration de 5 métaux lourds (mg/kg de poids sec) dans les gonades (G) et les contenus digestifs (CD) des *P. lividus* placés en stabulation dans la Réserve sous-marine de Monaco, et concentrations de ces métaux chez les témoins de Port-Cros (PNPC)

## 2 - Résultats

La dynamique des concentrations en métaux lourds dans les gonades et les contenus digestifs des oursins placés en stabulation à Monaco est illustrée par le tableau 1. Les observations effectuées dans le secteur de Marseille-Cortiou sont décrites dans le tableau 2.

## 3 - Discussion

### 3.1 Concentration en métaux lourds dans les gonades et les contenus digestifs des *P. lividus* en début d'expérimentation.

#### 3.1.1. - Station 1

- Le nickel est l'élément dominant avec une concentration environ 10 fois supérieure par rapport au témoin de Port-Cros; puis, par ordre décroissant viennent le zinc, le plomb, et le cuivre pour lequel s'établit la différence la plus significative avec des concentrations supérieures de 100% (gonades) et 80% (contenus digestifs) à celles du témoin. Le cadmium présente les concentrations les plus faibles; elles diffèrent peu de celles mesurées chez les oursins de la Gabinière (Tabl. 1).

- Si l'on observe le tableau 2, nous pouvons constater, en comparant les concentrations en métaux lourds de juin 1986, correspondant à notre première expérience (Delmas 1987) avec celles de mai 1988 concernant notre étude que, pour tous les éléments mesurés sauf le nickel, les proportions dans les gonades et le tube digestif des oursins ont diminué de 67% (Cu dans les gonades) à 90%

(Plomb dans les gonades) (tableau 1). Cette observation semble prouver que depuis sa mise en fonction, en novembre 1987, la station d'épuration de Marseille a pleinement rempli ses fonctions en ce qui concerne le cuivre, le plomb, le cadmium et le zinc. Nous avons donc débuté cette expérience avec

des *P. lividus* moins contaminés qu'en 1986.

#### 3.1.2. - Station 2

- L'élément prédominant est ici le zinc, viennent ensuite le nickel, le cuivre, le plomb et le cadmium. La concentration en nickel, qui à la station 1 n'a pas

		6/86	12/87	2/88	5/88	2/89	
S T A T I O N	Pb G :	53,82	10,04	5,02	5,28	3,31	
		CD :	60,04	8,37	5,02	13,13	2,77
	Cu G :	38,37	8,62	5,74	7,00	0,33	
		CD :	75,65	10,05	7,18	12,50	0,65
	Cd G :	6,89	3,08	2,46	1,21	1,65	
		CD :	6,80	4,93	3,70	0,75	1,30
	1	Zn G :	128,13	57,50	82,54	23,81	64,24
		CD :	153,24	28,55	29,34	33,38	26,71
		Ni G :	37,49	21,74	28,98	41,75	10,92
		CD :	41,66	14,49	14,49	54,25	9,44
S T A T I O N	Pb G :	24,84	5,02	-	0,47	1,31	
		CD :	66,65	6,69	-	6,84	3,64
	Cu G :	18,64	5,74	-	6,66	0,82	
		CD :	66,25	8,62	-	11,66	0,16
	Cd G :	5,64	3,70	-	1,26	1,65	
		CD :	8,02	4,93	-	0,90	1,30
	2	Zn G :	152,80	48,51	-	33,38	50,49
		CD :	146,74	25,43	-	12,50	26,71
		Ni G :	20,83	14,49	-	9,94	11,14
		CD :	39,58	7,24	-	12,58	14,55

Tableau 2 - Dynamique de la concentration de 5 métaux lourds (mg/kg de poids sec) dans les gonades (G) et les contenus digestifs (CD) des *P. lividus* du secteur de Marseille-Cortiou.

# MONACLEAN

Un partenaire de propreté pour la Principauté

POMPAGES

BENNES ET COMPACTEURS

DESTRUCTIONS PRODUITS TOXIQUES

CURAGES

NETTOYAGE FACADES

BALAYAGE VOIRIE-PARKINGS

DEBOUCHAGES

DEGAZAGE CUVES A MAZOUT

WC MOBILES - INSPECTIONS VIDEO



7 jours/7

Le Thalès, rue du Stade  
BP 627 - 98013 MONACO CEDEX  
Télécopie 92.05.93.82  
TELEPHONE 93.50.27.57

24 heures/24

présenté d'évolution entre 1986 et 1988, a ici diminué de 51,4% dans les gonades et de 68,2% dans les contenus digestifs. Les concentrations des 4 autres métaux ont évolué de la même manière qu'à la station 1, avec des diminutions de 64,3%. (Cu dans les gonades) à 98%. (Pb dans les gonades) (Tabl. 2). Les concentrations en cuivre sont similaires chez les oursins des 2 stations, de même que la concentration en zinc dans les gonades. Si l'on compare l'ensemble des valeurs obtenues à la station 2 avec les concentrations témoins (Tabl. 1), on constate, comme à la station 1 que la différence la plus significative s'établit pour le cuivre avec une concentration nulle dans les gonades des témoins et supérieure de 80% dans les contenus digestifs des individus contaminés. En ce qui concerne les autres métaux, les concentrations chez les *P. lividus* de la station 2 sont supérieures de 50%. (Pb dans les contenus digestifs) à 66,2% (Ni dans les contenus digestifs), sauf pour le plomb dans les gonades, et le cadmium dans le tube digestif qui sont dans des proportions très proches de celles observées chez les oursins de Port-Cros.

### 3.2 - Dynamique des concentrations en métaux lourds dans les gonades et les contenus digestifs des oursins en stabulation dans la réserve sous-marine de Monaco.

#### 3.2.1 - Plomb

- Chez les individus de la cage 1 (Tabl. 1), après un mois de stabulation, la concentration en plomb diminue de moitié dans les contenus digestifs alors qu'elle reste constante dans les gonades. À partir du deuxième mois, la diminution s'effectue de manière progressive aussi bien dans les gonades que dans le tube digestif pour atteindre au cinquième mois des concentrations peu différentes de celles observées chez les témoins de Port-Cros.

- Chez les oursins de la cage 2, (Tabl. 1) l'élimination du plomb s'effectue de manière moins régulière; en effet, au deuxième mois la diminution de moitié dans les contenus digestifs est corrélée à une augmentation d'environ 75% dans les gonades; entre le troisième et le quatrième mois, la concentration en plomb dans les contenus digestifs atteint sa valeur de départ (6,9 ppm) alors qu'elle devient nulle dans les gonades; au cinquième mois, les concentrations en plomb s'équilibrent entre les 2 compartiments étudiés à des valeurs proches de celles observées chez les oursins de la Gabinière. Ces fluctuations nous conduisent à penser qu'il existe, pour le plomb, des échanges physiologiques entre gonades et tube digestif, plus actifs chez les oursins de la cage 2 que chez ceux de la cage 1. Ce phénomène pourrait être en relation avec la différence d'âge et de maturité sexuelle des individus de chaque cage: préadultes pour la cage 1; adultes pour la cage 2.

#### 3.2.2. - Cuivre

- La dynamique du cuivre est similaire chez les populations des 2 cages. Après un mois de stabulation, on constate que

les concentrations ont peu diminué dans les 2 compartiments étudiés; au troisième mois, la concentration en cuivre reste constante dans les gonades alors qu'elle diminue de moitié dans les contenus digestifs, puis les concentrations décroissent dans les deux compartiments pour atteindre des valeurs faibles ou nulles (cage 2) proches de celles observées chez les témoins (Tabl. 1).



Concentration d'échinodermes dans la zone 1.  
Photo: Philippe Delmas

#### 3.2.3 - Cadmium

- La concentration en cadmium, déjà très faible, et identique pour les 2 populations en début d'expérience fluctue avec des variations négligeables jusqu'à devenir équivalente à celle des témoins en fin d'expérimentation (tabl. 1).

#### 3.2.4 - Zinc

- Après 1 mois de stabulation, les concentrations en zinc ont peu évolué chez les oursins de la cage 1; ce n'est qu'à partir du troisième mois que l'on note une nette diminution de: 55,8% dans les gonades et de 43% dans les contenus digestifs. Au quatrième mois, les concentrations en zinc ont encore diminué, surtout dans le tube digestif pour atteindre au cinquième mois des concentrations proches de celles observées chez les témoins de Port-Cros (Tabl. 1).

- Chez les *P. lividus* de la cage 2, l'évolution des concentrations en zinc est moins régulière; en effet, après un mois de stabulation, nous observons une augmentation dans les 2 organes étudiés, principalement dans les gonades, ceci pourrait indiquer un échange avec d'autres compartiments notamment les radioles qui après les gonades et les contenus digestifs concentrent le plus le zinc (Park 1989). Au troisième mois, comme chez les individus de la cage 1, la diminution est très nette: 82% dans les gonades et 36,2% dans les contenus

digestifs, elle est pourtant suivie vers le quatrième mois d'une nouvelle augmentation dans les gonades (58,2%) alors que la concentration dans le tube digestif continue à décroître pour atteindre, au cinquième mois une valeur proche de celle observée à Port-Cros (tabl. 1). Comme pour le plomb, ces observations nous amènent à supposer l'existence d'échanges actifs entre les différents compartiments des oursins de la cage 2 qui rappelons-le, ont un diamètre plus important que celui des oursins de la cage 1.

#### 3.2.5 - Nickel

- Chez les individus de la cage 1, la concentration en nickel dans les gonades augmente légèrement jusqu'au troisième mois alors qu'elle diminue fortement dans les contenus digestifs; au quatrième mois les concentrations entre les 2 compartiments s'équilibrent (16,75 ppm) pour devenir égales à celles observées chez les oursins de Port-Cros (4,25 ppm) au cinquième mois (tabl. 1).

- Chez les individus de la cage 2, il semble y avoir, comme pour le zinc et le plomb, des échanges physiologiques actifs, liés à la taille, entre les différents compartiments des oursins. En effet, comme pour le zinc, il apparaît, dès le deuxième mois une forte augmentation de la concentration en nickel, aussi bien dans les gonades (73,5%) que dans les contenus digestifs (56,8%); au troisième mois, si la proportion de nickel diminue dans les gonades, elle reste par contre stable dans le tube digestif; ce n'est qu'au cinquième mois que les concentrations entre les 2 compartiments tendent à s'équilibrer tout en restant 3 à 4 fois supérieures à celles observées chez les oursins de la Gabinière (tabl. 1).

## 4 - Conclusions.

- Ces résultats, étalés sur une période de 5 mois nous permettent de constater l'efficacité de la stabulation en ce qui concerne le plomb, le cuivre et le cadmium, confirmant ce que nous avions déjà observé en 1986. Pour ce qui est du nickel et du zinc, si la stabulation est très efficace pour des individus appartenant à la classe de taille 25-30mm (cage 1) considérés comme subadultes, elle l'est par contre moins pour les oursins adultes (cage 2) appartenant à la classe 35-40mm. En effet, il doit exister des échanges physiologiques entre les différents compartiments des *P. lividus*, dont l'activité semble proportionnelle à la taille et donc à l'état de maturité; cette observation est valable pour le nickel, le zinc mais aussi le plomb.

- L'analyse du tableau 2, vient corroborer les observations réalisées dans la réserve sous-marine de Monaco. En effet en 1988, le rendement d'épuration de la station de traitement des eaux usées de la ville de Marseille a évolué entre 60 et 92% pour les métaux étudiés (Communication ville de Marseille), il y a donc eu amélioration des conditions de milieu ce qui se traduit chez les *P. lividus* par une diminution des

concentrations en métaux lourds, principalement pour le plomb, le cuivre et le cadmium qui en 1989 ne sont plus présents qu'à de faibles concentrations, assez proches de celles observées chez les oursins de Port-Cros. Zinc et nickel par contre, bien qu'ayant nettement diminué sont encore à des concentrations qui dépassent largement les valeurs témoins et ceci pour les oursins des 2 stations étudiées. Les diminutions observées dès décembre 1987 pour l'ensemble des métaux analysés, alors que la station d'épuration ne fonctionnait que depuis un mois, sont preuves de l'effort de contrôle des polluants qui avait été effectué sur les entreprises marseillaises, avant la mise en fonction du système d'épuration, (Station d'épuration de Marseille - communication personnelle).

- Les résultats de cette étude montrent que des *P. lividus* placés en stabulation éliminent en cinq mois le cuivre, le plomb et le cadmium ; par contre, dans le cas où de tels oursins seraient commercialisés, une vigilance toute particulière devrait être portée sur le zinc et le nickel, l'élimination de ces 2 métaux semblant être liée étroitement à la physiologie et à la taille des échinoides. La correspondance que nous avons pu établir entre le modèle expérimental de Monaco et l'évolution des oursins dans leur milieu d'origine confirme d'une part l'intérêt de telles expériences, d'autre part l'efficacité de systèmes d'épuration, comme celui de Marseille, en ce qui concerne les métaux lourds étudiés.

## Bibliographie

DELMAS Ph. (1987) - Dynamique des concentrations en métaux lourds dans les gonades et les contenus digestifs de *Paracentrotus lividus* (Lam.) provenant d'une zone soumise à une pollution à dominante domestique et transplantés dans la réserve sous-marine de Monaco. Données préliminaires. Association Monégasque pour la Protection de la Nature, Compte-rendu des activités 1986/87 pp. 29-32.

PARK W.K. (1989) - Etude de la variation de la teneur en métaux des oursins comestibles *Paracentrotus lividus* L. dans 4 zones tests du littoral provençal. U.E.R. Aix-Marseille III rapport de D.E.A. d'environnement marin p. 11.

# Heavy Metal Concentrations in the Gonads and Digestive tract of edible sea urchins transferred from a polluted Area to the Underwater Reserve of Monaco.

Ph. Delmas, C.E.R.A.M., U.E.R. Aix-Marseille III

Av. Escadrille Normandie-Niemen (case 341) 13397 - Marseille Cedex 13 - Tél. 91.28.84.41

## Introduction

- In 1986, with the support of the AMPN (Monaco Association for the Protection of Nature), we conducted an initial decontamination experiment on *Paracentrotus lividus* in the underwater reserve of Monaco (Delmas 1987). Sea urchins from the highly polluted Marseille-Cortiou area contained high heavy metal concentrations in their gonads and digestive tract ; after 6 months in the reserve, these levels lowered, close to those recorded in echinoids from the Port-Cros National Park, considered to be a reference zone.

- Since these results are of considerable economic importance for sea urchin fishing, further experimentation was undertaken in 1988.

## 1 - Materials and methods

- The methods were identical to those used in 1986. In May 1988, 400 *Paracentrotus lividus* were collected from two points near Marseille (Fig. 1, p.29) and placed the same day in the underwater reserve of Monaco. The echinoids were put in two bottomless cages (150 to a cage) at a depth of 10 meters in the Posidonia bed. At the outset of the experiment, mean individual diameter was  $28.6 \pm 2.5$  mm for station 1 and  $38.8 \pm 3$  mm for station 2.

- Copper, lead, cadmium, zinc and nickel concentrations were measured each month in the gonads and digestive tract of 20 urchins per cage. After dissection and lyophilization, the organs studied were mineralized by heating to 70°C a concentrated nitric acid and perchloric acid mixture ; after filtering, the solutions obtained were analyzed by atomic absorption spectrophotometry on a Varian Spectraa -10/20. We also analyzed, under the same conditions, *P. lividus* controls, collected at la Gabinière, Port-Cros National Park.

- The City of Marseille having opened a physicochemical waste-water treat-

ment plant in Novembre 1987 to eliminate most heavy metals, we compared their concentrations in sea urchins transferred to Monaco with those remaining in their original site.

## 2 - Results

- Table 1 illustrates the dynamics of heavy metal concentrations in gonads and digestive pellets of sea urchins transferred to the underwater reserve of Monaco. Observations made in the Marseille-Cortiou area appear in Table 2. (p.30)

## 3 - Discussion

### 3.1 - Initial heavy metal concentrations.

#### 3.1.1. - Station 1

- Nickel showed concentrations about 10 times higher than in the controls

from Port-Cros, followed by zinc, lead and copper. Copper concentrations were 100% (gonads) and 80% (digestive pellets) higher than in controls. Cadmium had the lowest concentration, differing little from controls (Table 1 p.29).

- Comparison of heavy metal concentrations in June 1986 (Delmas 1987) and May 1988 (Table 2), shows a reduction, except for nickel, in amounts found in both gonads and digestive tract from 67% (Cu in gonads) to 90% (lead in gonads), Table 1. This observation indicates that, since November 1987, the new treatment plant in Marseille has fulfilled its purpose regarding copper, lead, cadmium and zinc. The 1988 experiment therefore began with less contaminated specimens than in 1986.

#### 3.1.2. - Station 2

- Here, zinc was predominant, followed by nickel, copper, lead and cadmium.

Table 1 - Dynamics of the concentrations of 5 heavy metals (mg/kg dry weight) in gonads (G) and digestive pellets (CD) of *P. lividus* kept in the underwater reserve of Monaco, and in controls from Port-Cros Natural Park (PNPC) (p.29).

Table 2 - Dynamics of the concentrations of 5 heavy metals (mg/kg dry weight) in gonads (G) and digestive pellets (CD) of *P. lividus* from the Marseille-Cortiou area (p.30).

Nickel concentration, unchanged at station 1 from 1986 to 1988, ranged from 51.4% in gonads to 68.2% in digestive pellets. The 4 other heavy metals, as in station 1, diminished from 64.3% (Cu in the gonads) to 98% (Pb in the gonads). Copper concentration was similar for both station, as was zinc in the gonads. On the whole, copper showed the most significant difference, almost nil in control gonads, greater than 80% in digestive pellets of contaminated specimens. At station 2, concentrations of the other metals increased from 50% (Pb in digestive pellets) to 66.2% (Ni in digestive pellets), although lead in gonads and cadmium in the digestive tract showed values close to controls from Port-Cros.

### 3.2 - Dynamics of heavy metal concentrations in the gonads and digestive tract of sea urchins kept in the underwater reserve of Monaco.

#### 3.2.1. - Lead

- One month after transfer, lead concentration in specimens in cage 1 (Table 1) was halved in digestive pellets, remaining constant in the gonads. After month 2, a gradual reduction in both gonads and digestive tract levelled off in month 5 to values similar to those observed in controls from Port-Cros.

- For Cage 2 (Table 1), lead elimination was less regular. In month 2, reduction by half in the digestive tract correlated with a 75% increase in gonads. Between months 3 and 4, lead concentration in digestive pellets reached its starting value (6.9 ppm), becoming nil in gonads. In month 5, lead concentration levelled off in both compartments at values close to those of controls. These lead fluctuations may result from physiological exchanges between gonads and digestive tract, more active in the adult specimens in Cage 2 than the sub-adults in Cage 1, related to differences in age and sexual maturity.

#### 3.2.2. - Copper

- The dynamics of copper were similar in both populations. One month after transfer, we observed concentrations had diminished little in both compartments studied. In month 3, copper concentration remained constant in the gonads but diminished by half in digestive pellets. Concentration then decrea-

sed in both compartments to reach very low values (Cage 2) as in controls (Table 1).

#### 3.2.3. - Cadmium

Cadmium concentration, low to start with, and identical for both populations, fluctuated insignificantly to reach that of controls at the end of experimentation (Table 1).

#### 3.2.4. - Zinc

- In Cage 1, one month after transfer, zinc concentration changed little; it was only after month 3 that we noted a definite reduction: 55.8% in gonads and 43% in digestive pellets. In month 4, zinc concentration again lowered, especially in the digestive tract, to reach levels, in month 5, close to those observed in Port-Cros controls (Table 1).

- In Cage 2, zinc concentrations changed less regularly; one month after transfer, we observed an increase in both organs, especially the gonads, indicating exchange with other compartments, such as spines which store the greatest amount of zinc after the gonads and digestive tract (Park 1989). In month 3, as in Cage 1, there was an 82% reduction in gonads and 36.2% in digestive pellets. This was followed, however, in month 4 by a new increase in the gonads (58.2%) and continued decrease in the digestive tract. In month 5, values were close to those observed in Port-Cros (Table 1). Active exchanges between the different compartments in the larger sea urchins in Cage 2 may account for these figures, as for lead.

#### 3.2.5. Nickel

- In Cage 1, nickel concentration increased slightly in gonads until month 3, while decreasing significantly in digestive pellets. In month 4, equal concentrations in both compartments (16.75 ppm) reached control levels (4.25 ppm) in month 5 (Table 1).

- In Cage 2, as for zinc and lead, active exchanges between different compartments seem linked to sea urchin size. By month 2, there was a strong increase in nickel concentration in both gonads (73.5%) and digestive pellets (56.8%). In month 3, nickel diminished in the gonads, but remained stable in the digestive tract. In month 5, concentrations, about equal in both compartments, re-

mained 3 to 4 times higher than in controls (Table 1).

## 4 - Conclusions

- These results over a period of 5 months confirm our 1986 observations on the effectiveness of maintenance in unpolluted water, for lead, copper and cadmium. If such maintenance is very effective for nickel and zinc in subadult specimens (25-30 mm diameter, Cage 1), it is less so for adult sea urchins, (35-40 mm diameter, Cage 2). Physiological exchanges must occur between the different compartments of *P. lividus*, whose activity seems proportional to size and therefore maturity; this observation is valid for nickel, zinc, and lead.

- Table 2 corroborates observations made in the underwater reserve of Monaco; in 1988, effective purification by the waste-water treatment plant in Marseille went from 60 to 92% for the metals studied (communicated by the City of Marseille). The improvement in environmental conditions was reflected in a reduction of heavy metal concentrations, particularly lead, copper and cadmium in *P. lividus*, reaching very low concentrations in 1989, quite close to those observed in sea urchins from Port-Cros. Zinc and nickel, on the other hand, despite a definite reduction, were still found in both sites studied, at much higher levels than in controls. The reductions observed as early as December 1987 in all the metals analysed demonstrate effective pollution control by various firms in Marseille, even prior to opening of the treatment plant (Marseille treatment plant, personal communication).

- The results of this study show that *P. lividus* relocated in unpolluted water eliminate copper, lead and cadmium within 5 months. Before marketing them, however, special attention must be paid to zinc and nickel concentrations, since elimination of these 2 metals seems strongly linked to echinoid physiology and size. The correspondence we established between the experimental model in Monaco and changes in sea urchins in their original environment confirms the value of such experimentation as well as the effectiveness of waste-water treatment systems, like the one in Marseille, with respect to the heavy metals studied.

## Nos trois plongeurs à l'honneur

A l'occasion de la Fête Nationale (19 novembre 1989) S.A.S. le Prince Rainier III a bien voulu décerner à nos trois plongeurs: MM. Denis Arnould, Yves Magnani, Luc Thouant, la Médaille de bronze de l'Education Physique et des Sports pour services rendus au titre de leurs activités dans le cadre de la Réserve Sous-Marine de Monaco.

Cette distinction leur a été remise par S.A.S. le Prince Héréditaire Albert dans la salle d'Honneur du Stade Louis II en présence de Son Excellence Monsieur le Ministre d'Etat et de Monsieur le Conseiller de Gouvernement pour l'Intérieur.

Nous renouvelons aux récipiendaires toutes nos félicitations.



Serran - *Serranus scriba* sur fond de sable.  
Photo: Jean-Michel Mille