

RECHERCHE SUR LA POLLUTION MERCURIELLE EN RADE D'HYÈRES ET DANS L'ARCHIPEL DES STOECHADES (MÉDITERRANÉE, FRANCE)

IV. - LE PORT DE PORQUEROLLES

H. AUGIER, G. GILLES et G. RAMONDA *

Résumé : L'utilisation de la spectrophotométrie d'absorption atomique sans flamme a permis de déterminer la teneur en mercure total de différents échantillons d'eau de mer, de sédiments, d'algues, de phanérogames marines, d'animaux benthiques et de poissons dans le port de l'île de Porquerolles.

Les résultats obtenus montrent que le port et les organismes qui y vivent sont pollués par le mercure, mais les concentrations de ce métal sont encore relativement faibles si on les compare à celles qui caractérisent les grandes régions industrielles, agricoles et urbaines du littoral. Deux espèces présentent plus que d'autres la propriété de concentrer le mercure : l'algue brune *Stypocaulon scoparium* (0,76 ppm) et l'étoile de mer *Echinaster sepositus* (2,11 ppm).

Les recherches sur l'origine de cette pollution n'ont pas permis, pour l'instant, de déterminer la part de responsabilité exacte qui revient aux rejets domestiques sauvages, aux effluents exceptionnellement déversés par la canalisation de secours du réseau d'égout du village, aux déchets liquides et gazeux des embarcations à moteur, aux peintures anti-fouling et enfin aux conditions de confinement du port de Porquerolles.

Summary : The utilization of atomic absorption spectrophotometry without flame had permitted to determine the rate of mercury in water, sediments, algae, marine phanerogams, benthic animals and pisces in the port of Porquerolles island.

The results shows that the port and the organisms living in it are polluted by mercury, but the rates of this metal are yet relatively low in comparison to those who characterize the great industrial, agricultural and urban regions. Two spe-

* U.E.R. des Sciences de la Mer et de l'Environnement, Faculté des Sciences de Luminy, 13288 Marseille Cédex 2 et Laboratoire Vétérinaire, 13252 Marseille Cédex 2.

cies present the most property to concentrate mercury : the brown alga *Stypocaulon scoparium* (0,76 ppm) and the star-fish *Echinaster sepositus* (2,11 ppm).

The researches to know the origin of this pollution have not yet permitted to ascertain the part of responsibility of the savage domestic rejections, the water-sewers exceptionally pour out by the spare canalization of the sewers of the village, the gaseous or liquid wastes of the engine-boats, the anti-fouling paints and at lost the conditions of confinement of the port of Porquerolles.

1. — INTRODUCTION

Cette étude constitue le quatrième élément d'un ensemble de travaux présentés sous le titre général : « Recherches sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoéchades » (AUGIER *et al.*, 1976 a, 1977 a et b). Il nous a paru en effet intéressant de poursuivre ces premières investigations en étudiant la répartition du mercure dans les eaux, les sédiments et les organismes du port de Porquerolles qui offre l'avantage d'être relativement éloigné des grandes zones industrielles, agricoles et urbaines du littoral provençal. Cette situation privilégiée est en effet un élément favorable à une meilleure appréciation du degré d'impact d'une pollution restreinte et locale par rapport à celle d'autres régions du littoral soumises à des nuisances de plus grande envergure et à origines multiples.

Une étude préliminaire du port de Porquerolles a permis de dresser un inventaire sommaire des sources de nuisances qui proviennent en majeure partie des activités maritimes et de l'avitaillement (AUGIER et SEILLER, 1978). En effet, la modernisation du réseau d'égout ainsi que la construction d'une station d'épuration ont eu pour conséquence la suppression, en 1972, des rejets directs des effluents du village dans le port. Actuellement, les polluants d'origine domestique ne proviennent plus que d'une catégorie peu scrupuleuse de plaisanciers pratiquant encore le « tout à la mer ». Il convient néanmoins de préciser qu'en cas d'engorgement des conduites ou de panne de la station de refoulement, le réseau d'égout comprend deux canalisations de secours dont une pouvant débiter dans le port. Une enquête auprès des Porquerollais a révélé que cette conduite a déjà servi plusieurs fois depuis l'achèvement des travaux d'assainissement du village.

2. — METHODE

2.1. — Récolte des échantillons.

Les récoltes sont réalisées en plongée en scaphandre autonome dès que la profondeur dépasse 50 centimètres. Les plantes et les animaux sont prélevés entiers et avec grand soin pour les garder intacts et vivants jusqu'au laboratoire.

L'eau de mer est directement recueillie sur place dans des récipients en polyéthylène de 2 000 cm³ de capacité. Une boîte en polystyrène de forme spéciale permet de prélever, par écrémage, la couche superficielle du sédiment.

2.2. — Préparation des échantillons et traitement préliminaire.

Au laboratoire, les échantillons vivants, transportés dans des récipients remplis d'eau de mer prélevée sur place, sont triés, mesurés et débarrassés des épiphytes s'il y a lieu. L'eau de mer, les sédiments et les organismes vivants sont ensuite lyophilisés et micropulvérisés selon une technique précédemment décrite (AUGIER, 1970).

Les lyophilisats sont alors minéralisés par attaque sulfonitrique, en présence d'oxyde de vanadium. Un appareil de UTHE modifié permet de réduire les vapeurs condensées par un mélange d'éthanol et de neige carbonique (CUMONT *et al.*, 1974). Le mercure est déplacé de ses sels mercuriques par le chlorure stanneux. Les vapeurs de mercure qui se trouvent dans l'atmosphère de l'appareil de réduction, sont chassées par un courant d'azote et canalisées vers l'appareil de dosage.

2.3. — Dosage du mercure.

Le mercure est dosé à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique sans flamme IL 253, de « Instrumentation Laboratory Incorporation de Lexington », selon la méthode de UTHE *et al.* (1970), perfectionnée par CUMONT (1971) et CUMONT *et al.*, (1974) et décrite en détail précédemment (AUGIER *et al.*, 1976 b).

3. — RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus ont été portés dans les tableaux I (eau de mer), II (sédiments), III (algues vertes), IV (algues brunes et rouges), V (phanérogames marines), VI (animaux benthiques) et VII (poissons). L'emplacement exact des prélèvements figure sur une carte des stations d'étude (fig. 1). La présentation des résultats est complétée par des cartes indiquant la concentration en mercure total de l'eau de mer (fig. 2), des sédiments (fig. 3), des algues benthiques *Codium bursa* (fig. 4), *Codium vermilara* (fig. 5), *Padina pavonica* (fig. 6), *Stypocaulon scoparium* (fig. 7), des phanérogames marines *Posidonia oceanica* et *Zostera noltii* (fig. 8), des Echinodermes *Holothuria forskali* (fig. 9), *Echinaster sepositus*, *Marthasterias glacialis*, *Paracentrotus lividus* et *Spheroechinus granularis* (fig. 10).

3.1. — Eau de mer.

Les concentrations en mercure total de l'eau de mer prélevée en 9 stations différentes du port de Porquerolles s'échelonnent de 0,30 microgrammes/litre devant le port à 0,53 microgrammes/litre en plein cœur des installations portuaires (fig. 2).

Des travaux récents ont montré que la concentration naturelle moyenne en mercure total pouvait varier selon la mer et le lieu de prélèvement dans les limites de 0,01 à 0,20 microgrammes/litre (WALLACE *et al.*, 1971; HOLDEN, 1972; WEISS *et al.*, 1972; FITZGERALD *et al.*, 1973; AUGIER *et al.*, 1977 a), les valeurs les plus élevées se rencontrant dans les mers fermées comme la Méditerranée (AUBERT, 1975). Sur les côtes polluées, les valeurs précédentes sont assez souvent augmen-

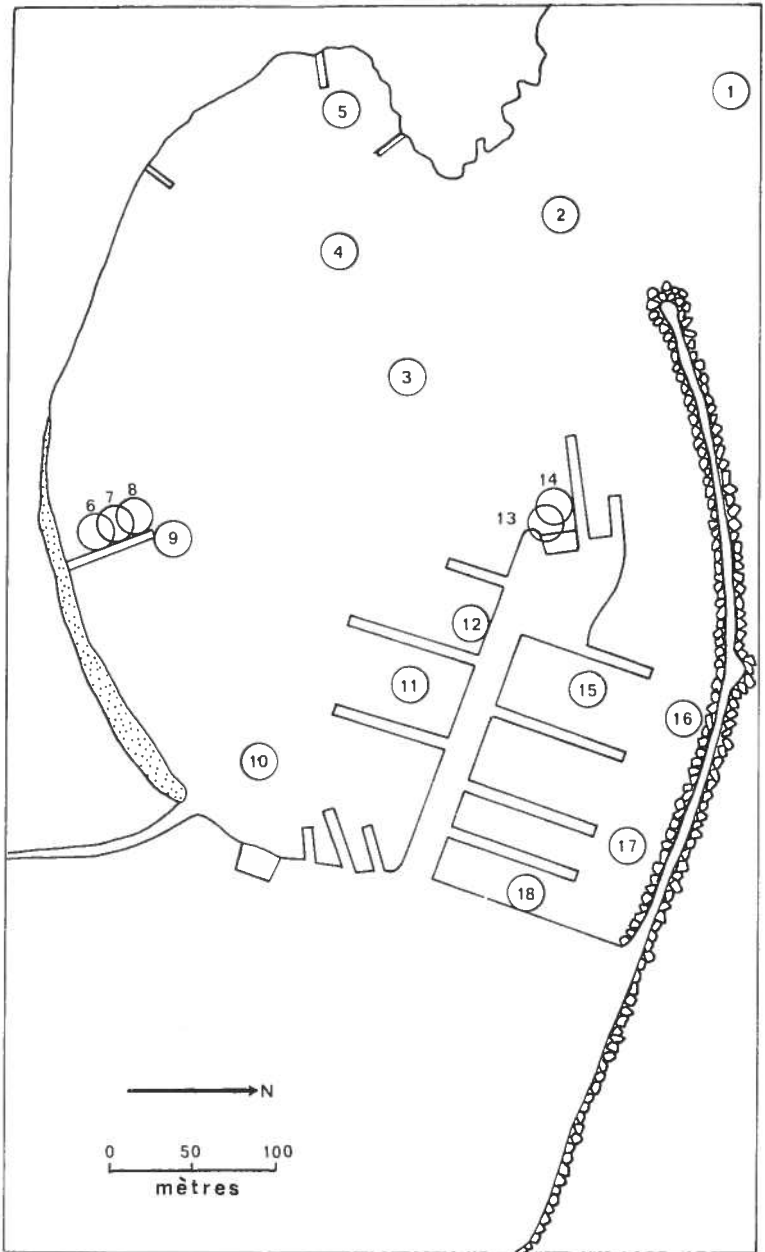


Fig. 1. — *Emplacement des stations d'étude du port de Porquerolles*

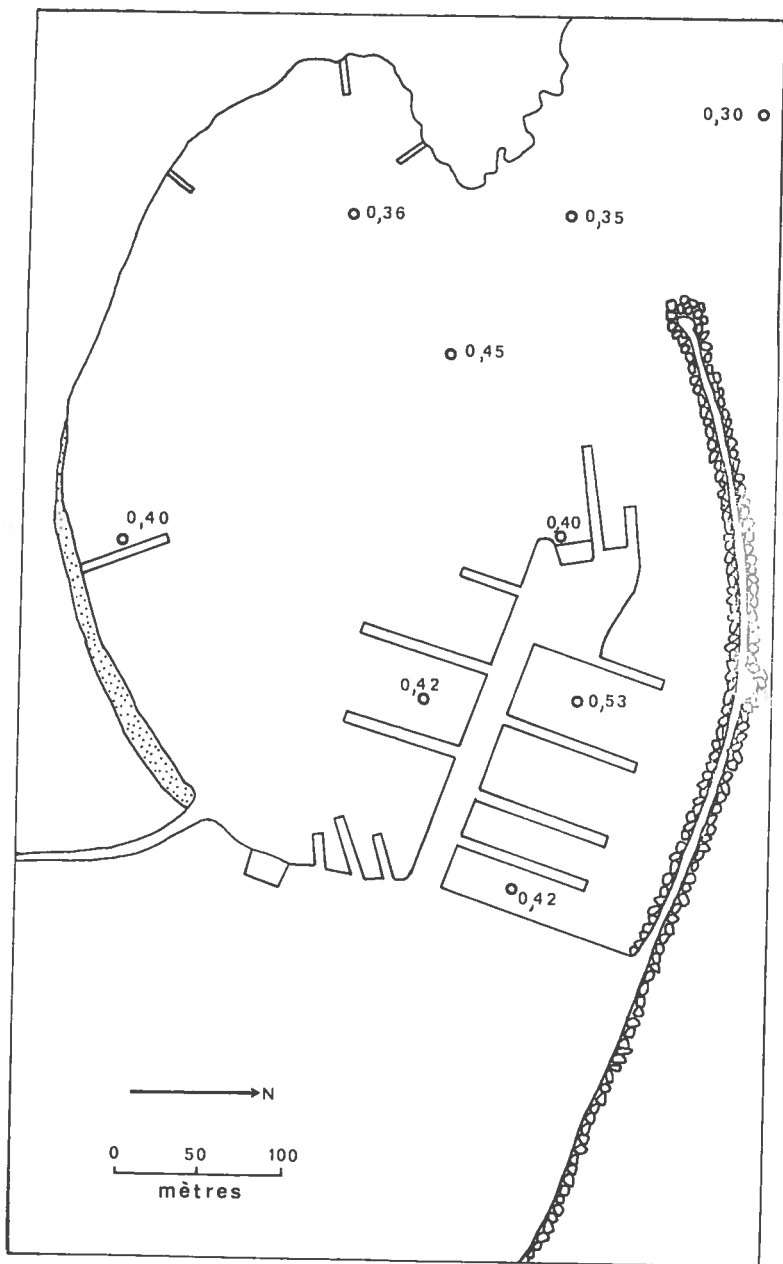


Fig. 2. — Taux de mercure total dans les lyophilisats d'eau de mer prélevée dans le port de Porquerolles (en microgrammes/litre)

tées d'un facteur au moins égal à 10 : 0,1 à 2 microgrammes/litre (HOLDEN, 1972 ; CRANSTON *et al.*, 1973 ; FITZGERALD *et al.*, 1973 ; RENZONI *et al.*, 1973 ; AUGIER *et al.*, 1977 c). Des valeurs encore plus élevées peuvent être rencontrées dans des régions plus fortement contaminées : 3,6 microgrammes/litre dans la baie de Minamata, au Japon (HOSOHARA *et al.*, 1961), 18,9 microgrammes/litre à Livourne, en Italie (FERRI *et al.*, 1973), 50 microgrammes/litre dans le golfe de Fos, en France (AUGIER *et al.*, 1976 b), 200 microgrammes/litre sur la côte Toscane, en Italie, au niveau de rejets industriels particulièrement chargés en mercure (RENZONI, 1976).

Les considérations précédentes permettent donc d'affirmer que les eaux du port de Porquerolles sont polluées par le mercure, mais les valeurs enregistrées demeurent relativement faibles par rapport à celles qui caractérisent les grandes régions industrielles et urbaines du littoral méditerranéen (golfe de Fos et baie de Marseille).

Le degré de pollution atteint à Porquerolles est semblable à celui d'autres petits ports relativement éloignés des nuisances industrielles et à vocation essentiellement touristique. C'est le cas des ports de Bandol et de Port-Cros où l'on a enregistré des concentrations en mercure total allant de 0,45 à 0,64 microgrammes/litre pour le premier et de 0,47 à 0,68 microgrammes/litre pour le second (AUGIER *et al.*, 1977 a et c).

A Porquerolles, les taux mercuriels les plus forts sont constatés au centre du port et au niveau des installations portuaires les plus fréquentées (fig. 2).

Numéro de la station de prélèvement	Numéro d'identification des échantillons	Profondeur	Concentration en mercure (microgramme/ l)
1	01	— 6 m	0,30
2	02	— 7 m	0,35
3	03	— 7 m	0,45
4	04	— 5,5 m	0,36
7	07	— 1,5 m	0,40
11	011	— 4,5 m	0,42
13	013	— 0,20 à — 0,70 m	0,40
15	015	— 5,5 m	0,53
18	018	— 2,5 à — 3 m	0,42

TABLEAU I : Taux de mercure total dans les lyophilisats d'eau de mer prélevée dans le port de Porquerolles (les concentrations sont données en microgrammes par litre d'eau de mer. Les échantillons ont été prélevés à proximités du fond le 12 septembre 1977).

3.2. — Sédiments.

La contamination mercurielle de l'eau du port de Porquerolles se retrouve au niveau des sédiments et à un degré plus élevé puisque les taux enregistrés s'échelonnent de 0,33 ppm à 0,97 ppm (tableau II, fig. 3)

Deux publications récentes (ANONYME, 1974 ; AUBERT, 1975) faisant le point sur ce problème en Méditerranée occidentale proposent les valeurs limites suivantes du taux de mercure total dans les sédiments (rapporté aux sédiments secs) :

- . 0,01 à 0,04 ppm : zones non contaminées,
- . 0,04 à 0,05 ppm : zones proches des régions contaminées (début de pollution),
- . 1 ppm et plus : zones contaminées.

Ainsi, au niveau du plateau continental du golfe du Lion, dans une zone largement soumise à la sédimentation rhodanienne, la concentration en mercure des sédiments varie de 0,01 à 0,64 ppm (ARNOUX *et al.*, 1975). A Cortiou, la teneur en mercure des sédiments passe de 16,5 à 0,78 ppm dans un rayon de 4 km à partir de la sortie du grand collecteur d'égout de la ville de Marseille (ARNOUX *et al.*, 1974). Les valeurs les plus élevées ont été trouvées dans la baie de Minamata, au Japon où les taux de mercure dans les sédiments variaient de 12 à 133 ppm, avec une valeur extrême de 2010 ppm au niveau du rejet de l'usine responsable de plus de 50 intoxications humaines mortelles (KURLAND *et al.*, 1960).

Numéro de la station de prélèvement	Numéro d'identification des échantillons	Profondeur	Nature du sédiment	Concentration en mercure (ppm)
1	S 1	— 6 m	Sable légèrement vaseux, avec de fins graviers	0,03
2	S 2	— 7 m	Sable vaseux	0,14
3	S 3	— 7 m	Vase légèrement sableuse	0,31
4	S 4	— 5,5 m	Vase noire	0,31
7	S 7	— 1,5 m	Vase grise	0,24
10	S 10	— 3 m	Vase noire	0,30
11	S 11	— 4,5 m	Vase gris foncé	0,97
15	S 15	— 5,5 m	Vase noire	0,88

TABLEAU II : Taux de mercure total dans les lyophilisats de sédiments superficiels prélevés dans le port de Porquerolles (les concentrations sont exprimées en ppm = 10^{-6} de poudre lyophilisée. Les échantillons ont été prélevés le 12 septembre 1977).

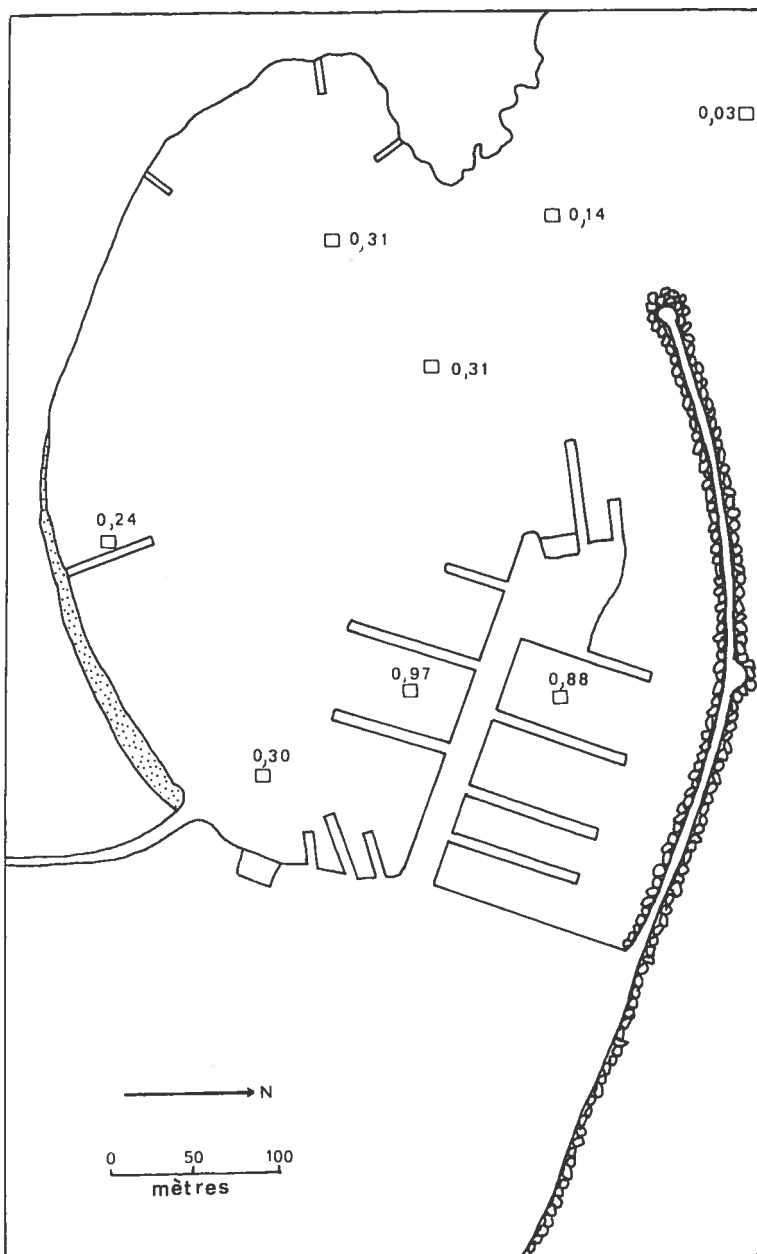


Fig. 3. — Taux de mercure total dans les lyophilisats de sédiments superficiels prélevés dans le port de Porquerolles (en ppm = 10⁻⁶)

La comparaison avec les résultats obtenus dans le port de Port Cros montre que le taux maximum de mercure enregistré est presque trois fois plus élevé à Porquerolles qu'à Port-Cros (tableaux II et VIII). Cette contamination mercurielle plus forte est certainement en relation avec la densité du trafic maritime et le confinement des installations portuaires mis en évidence dans une autre étude (AUGIER et SEILLER 1978). Ces circonstances expliquent que tous les sédiments prélevés dans le port de Porquerolles sont contaminés par le mercure et que les taux les plus élevés sont enregistrés au niveau des appointements dans des secteurs où s'exerce le plus le confinement des eaux (fig. 3).

3.3. — Algues.

La concentration en mercure total des algues s'échelonne de 0,05 à 0,76 ppm selon la taille des algues, l'espèce, la profondeur et le lieu de prélèvement (tableaux III et IV, fig. 4, 5, 6 et 7). Si on compare ces chiffres à ceux obtenus dans d'autres secteurs du littoral méditerranéen, on constate qu'il existe aussi au niveau de la flore du port de Porquerolles une pollution mercurielle indéniable bien que les taux de mercure restent, en général, dans des limites jusqu'ici tolérables (tableaux III, IV, IX et X).

Par exemple, la Phéophycée *Stypocaulon scoparium* — qui constitue un bon indicateur biologique de la pollution mercurielle — montre des concentrations en mercure faibles dans le voisinage de l'entrée du port (0,05 à 0,09 ppm) mais beaucoup plus fortes au niveau des installations portuaires (0,24 à 0,76 ppm). Pour mieux situer ces valeurs, rappelons que nous avons trouvé, par exemple, chez cette espèce des concentrations en mercure de l'ordre de 0,09 ppm au niveau de la plage de Bandol, 0,10 à 0,20 ppm dans la baie de Port-Cros, 0,38 ppm au Cap d'Antibes et 3,96 ppm dans le golfe de Fos (tableau X). Des observations semblables peuvent être réalisées avec les autres algues analysées, que leur capacité de rétention du mercure soit élevée comme chez *Stypocaulon scoparium* ou *Dictyota dichotoma* ou faible comme chez *Codium bursa* ou *Corallina mediterranea* (tableaux III, IV, IX et X).

Ces conclusions sont encore confirmées par les résultats obtenus sur d'autres espèces d'algues, en d'autres lieux et par d'autres auteurs : 0,18 à 0,37 ppm en moyenne générale pour les océans (STOCK *et al.*, 1934), 0,05 à 0,08 ppm en milieu exempt de pollution et 0,05 à 20 ppm en milieu pollué, en Norvège (HAUG *et al.*, 1974), 1,03 à 15,4 ppm à proximité des rejets industriels à Rosignano, près de Livourne, en Italie (FERRI *et al.*, 1973).

3.4. — Phanérogames marines.

Les posidonies ont été récoltées seulement devant l'entrée du port (station 1, fig. 8), c'est-à-dire dans un secteur où l'on a enregistré les taux mercuriels les plus bas pour l'eau comme pour les sédiments (fig. 2 et 3). Malgré cela les concentrations enregistrées dans les rhizomes et surtout dans les feuilles sont plus élevées que celles déterminées chez la même espèce en baie de Port-Cros, dans la calanque de Sormiou et dans la baie du Grand Soufre (tableau XII). Il existe donc à ce niveau

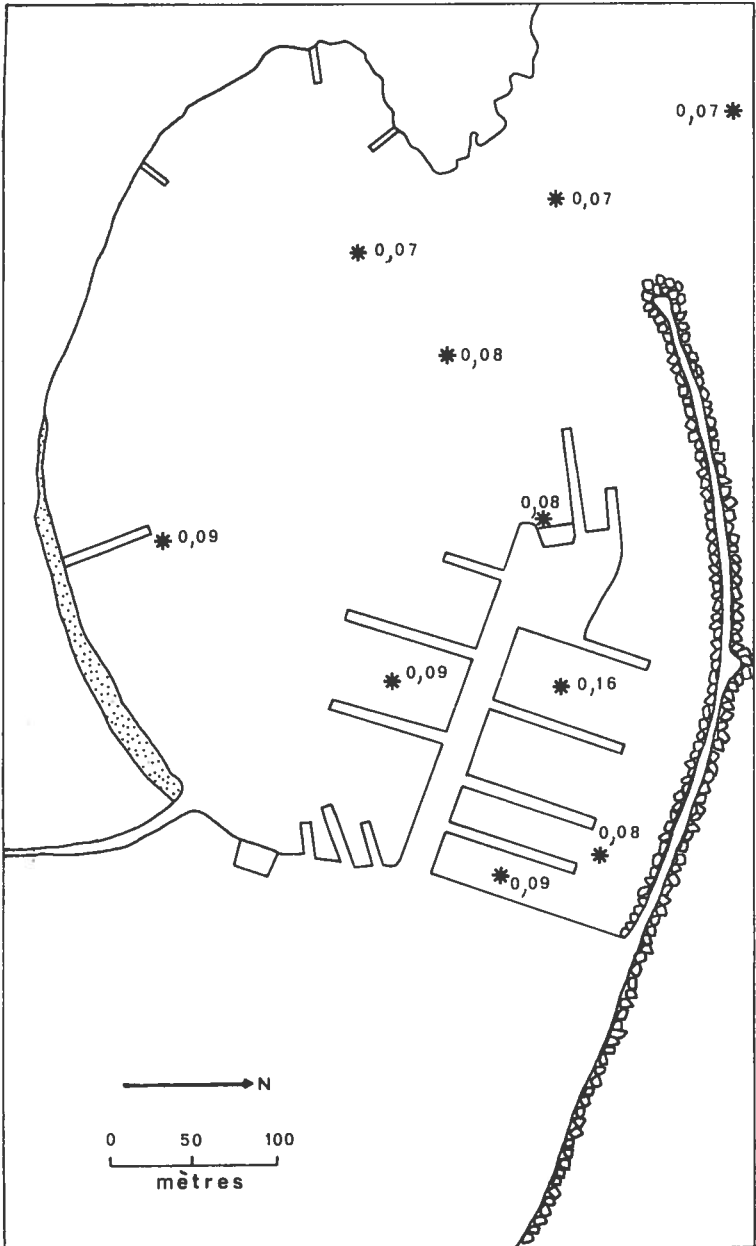


Fig. 4. — Taux de mercure total dans les lyophilisats de l'algue verte *Codium bursa* en différents secteurs du port de Porquerolles (en ppm = 10^{-6}).

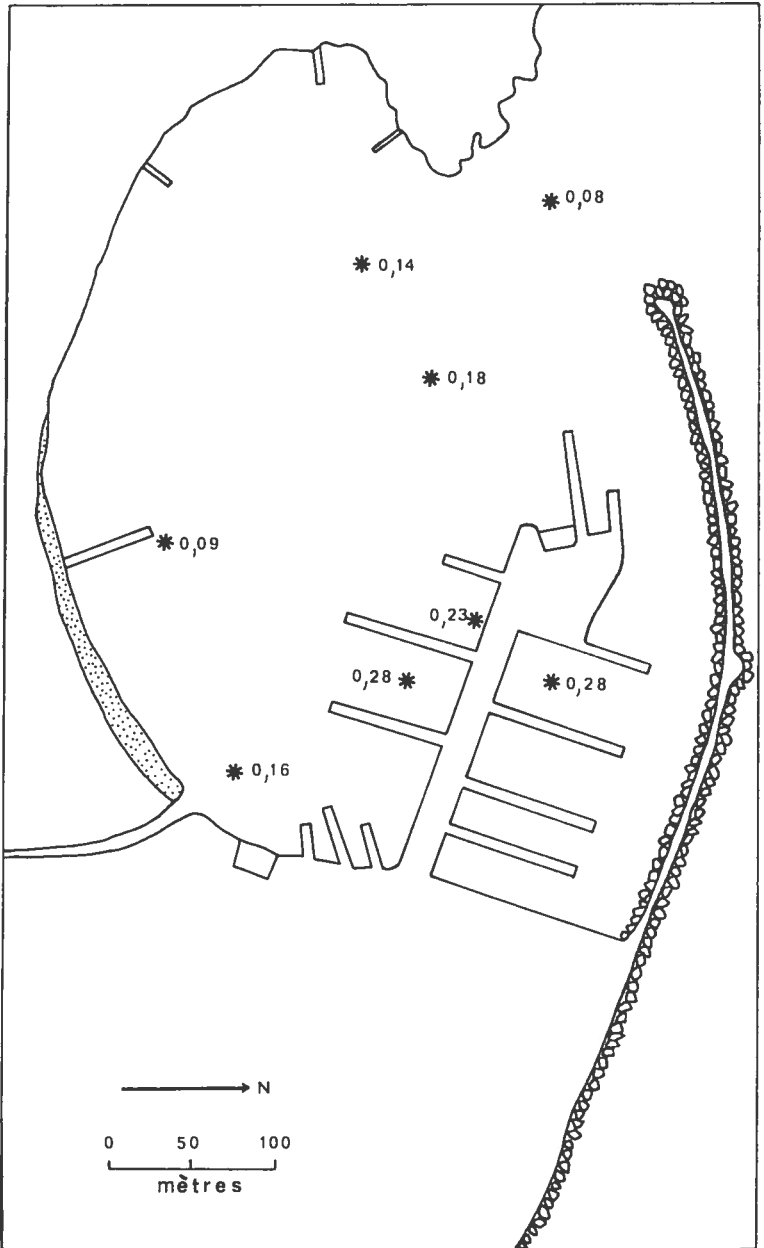


Fig. 5. — Taux de mercure total dans les lyophilisats de l'algue verte *Codium vermilara* en différents secteurs du port de Porquerolles (en ppm = 10^{-6}).

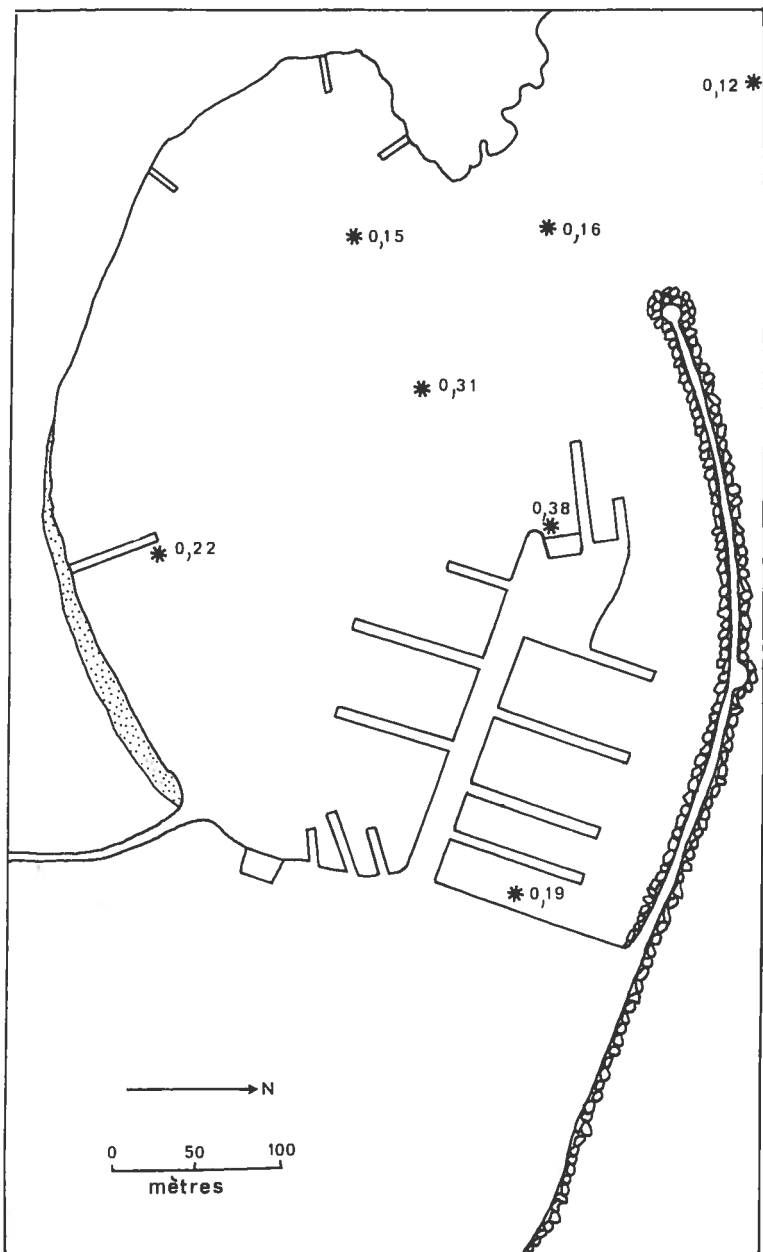


Fig. 6. — Taux de mercure total dans les lyophilisats de l'algue brune *Padina pavonica* en différents secteurs du port de Porquerolles (en ppm $\times 10^{-6}$).

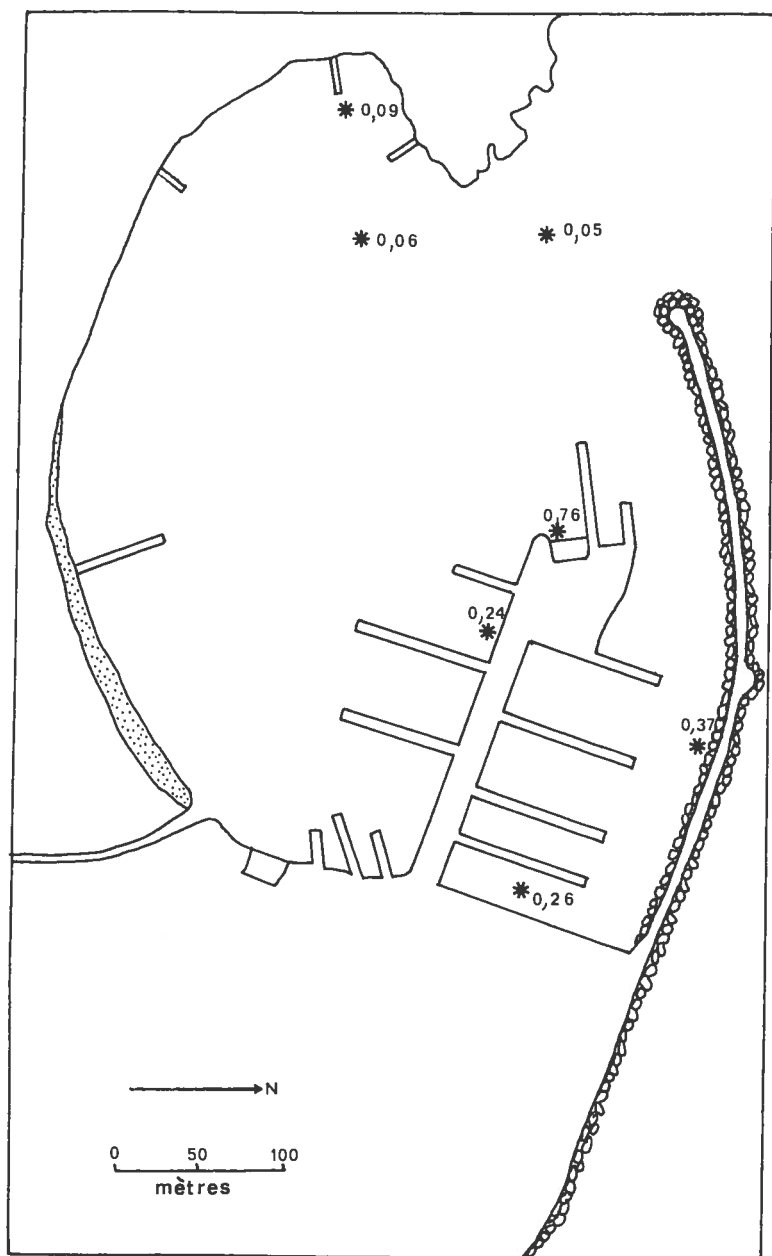


Fig. 7. — Taux de mercure total dans les lyophilisats de l'algue brune *Stypocaulon scoparium* en différents secteurs du port de Porquerolles (en ppm = 10⁻⁶).

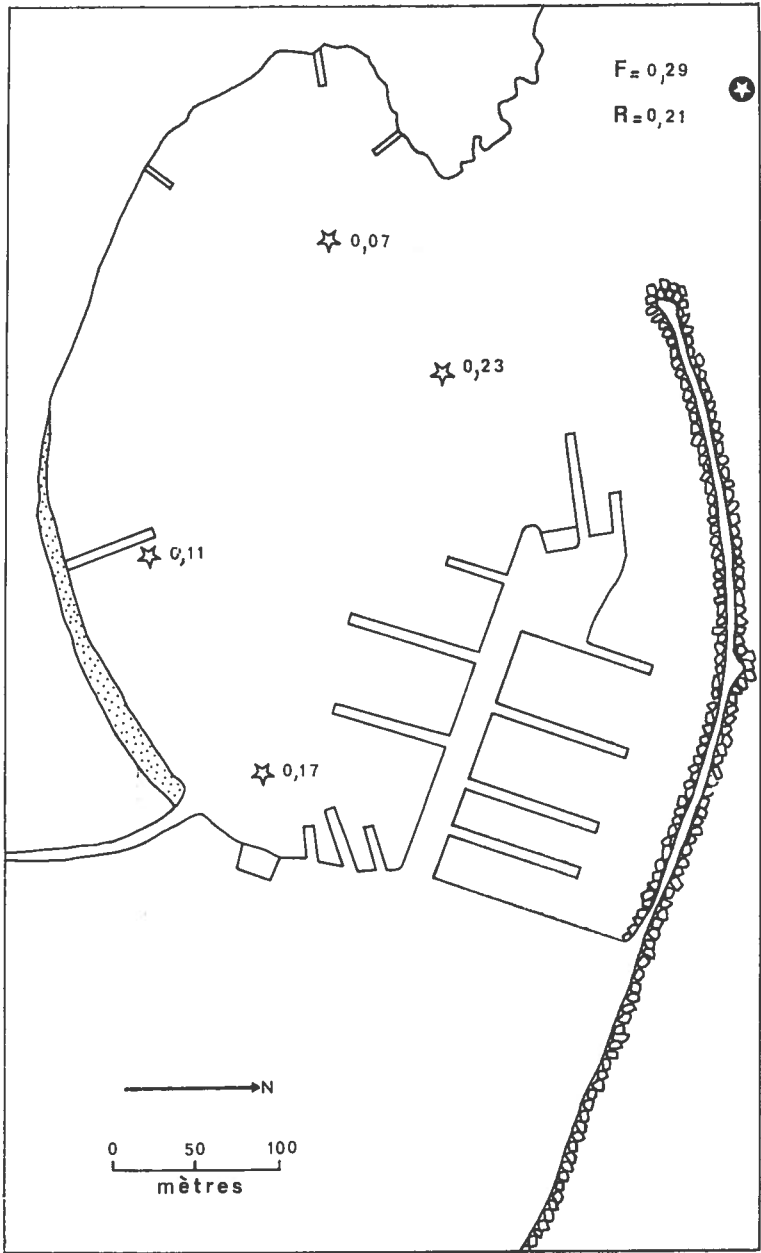


Fig. 8. — Taux de mercure total dans les lyophilisats des phanérogames marines *Zostera noltii* (étoile blanche) et *Posidonia oceanica* (étoile blanche cerclée de noir) prélevées dans le port de Porquerolles (en ppm = 10⁻⁶, F = feuilles. R = rhizomes)

Genres Espèces	Numéro de la station de prélèvement	Numéro d'identi- fication des échantillons	Longueur ou diamètre moyen des thalles	Profondeur	Concen- tration en mercure (ppm)
<i>Codium bursa</i>	1	CB 1	6 cm	— 6 m	0,07
	2	CB 2	9 cm	— 7 m	0,07
	3	CB 3	9 cm	— 7 m	0,08
	4	CB 4	7 cm	— 5,50 m	0,07
	9	CB 9	6 cm	— 1 à — 2 m	0,09
	11	CB 11	9 cm	— 4,50 m	0,09
	13	CB 13	8 cm	— 0,20 à — 0,70 m	0,08
	15	CB 15	9 cm	— 5,50 m	0,16
	17	CB 17	8,2 cm	— 3,50 m	0,08
	18	CB 18	9 cm	— 2,50 à — 3 m	0,09
<i>Codium vermilara</i>	2	CV 2	11 cm	— 7 m	0,08
	4	CV 4	16 cm	— 5,50 m	0,14
			25 cm	— 5,50 m	0,20
	6	CV 6	24 cm	— 2 m	0,10
	8	CV 8	28 cm	— 0,40 m	0,18
	9	CV 9	16 cm	— 1 à 2 m	0,09
	10	CV 10	28 cm	— 3 m	0,16
	11	CV 11	16 cm	— 4,50 m	0,28
<i>Udotea petiolata</i>	3	U 3	5,2 cm	— 7 m	0,08
	13	U 13	5,4 cm	— 0,20 à — 0,70 m	0,12

TABLEAU III : Taux de mercure total dans les lyophilisats d'algues vertes prélevées dans le port de Porquerolles. (Les concentrations sont exprimées en ppm = 10^{-6} de poudre lyophilisée. Les dimensions de *Codium bursa* correspondent au diamètre et celles de *Codium vermilara* et *Udotea petiolata*, à la longueur des thalles. Les échantillons ont été prélevés le 11 et le 12 septembre 1977).

Genres Espèces	Numéro de la station de prélèvement	Numéro d'identi- fication des échantillons	Longueur ou diamètre moyen des thalles	Profondeur	Concen- tration en mercure (ppm)
<i>Stypocaulon scoparium</i>	2	ST 2	8,20 cm	— 7 m	0,05
	4	ST 4	6,50 cm	— 5,50 m	0,06
	5	ST 5	6,50 cm	— 2,50 à	0,09
	12	ST 12	7,50 cm	— 0,40 m — 0,20 m	0,24
	13	ST 13	6,50 cm	— 0,70 m	0,76
	16	ST 16	8,40 cm	— 0,50 m	0,37
	18	ST 18	5 50 cm	— ,50 à — 3 m	0,26
<i>Padina pavonica</i>	1	P 1	6,50 cm	— 6 m	0,12
	2	P 2	6,20 cm	— 7 m	0,16
	3	P 3	4,80 cm	— 7 m	0,31
	4	P 4	3,60 cm	— 5,5 m	0,15
	9	P 9	3,80 cm	— 1 à — 2 m	0,22
	13	P 13	4,20 cm	— 0,20 à — 0,70 m	0,38
	18	P 18	4 cm	— 2,50 à — 3 m	0,19
<i>Dictyota dichotoma</i>	9	D 9	6 cm	— 1 à — 2 m	0,32
	13	D 13	6,40 cm	— 0,20 à — 0,70 m	0,35
<i>Corallina mediter- ranea</i>	13	CO 13	1,8 cm	— 0,20 à — 0,70 m	0,13

TABLEAU IV : Taux de mercure total dans les lyophilisats d'algues brunes et rouges prélevées dans le port de Porquerolles (les concentrations sont données en ppm = 10^{-6} de poudre lyophilisée. Les échantillons ont été prélevés le 11 et le 12 septembre 1977).

Genres Espèces	Partie analysée	Numéro de la station de prélèvement	N° d'identifica- tion des échantillons	Longueur moyenne des échantillons	Profondeur	Concentration en mercure (ppm)
<i>Posidonia oceanica</i>	Feuilles	1	P O F 1	24 cm	— 6 m	0,29
	Rhizomes	1	P O R 1	—	— 6 m	0,21
<i>Zostera noltii</i>	Plante entière	3	Z 3	19,50 cm	— 7 m	0,23
	Plante entière	4	Z 4	18 cm	— 5,5 m	0,07
	Plante entière	9	Z 9	24 cm	— 1 à — 2 m	0,11
	Plante entière	10	Z 10	25 cm	— 3 m	0,17

TABLEAU V : Taux de mercure total dans les lyophilisats des phanérogames marines *Posidonia oceanica* et *Zostera noltii* prélevées dans le port de Porquerolles (les concentrations sont exprimées en ppm = 10⁻⁶ de poudre lyophilisée. Les échantillons ont été prélevés le 11 et le 12 septembre 1977).

une pollution mercurielle qui est encore loin d'être négligeable. Il semble d'ailleurs que dans ce cas précis, la fixation du mercure par la plante s'exerce plus par l'intermédiaire de l'eau et des feuilles que par celui des sédiments et des rhizomes.

Les concentrations en mercure de la zostère *Zostera noltii* s'échelonnent de 0,07 à 0,23 ppm et il est probable que si cette phanérogame avait pu être prélevée dans le voisinage plus immédiat des installations portuaires, des concentrations plus élevées auraient été enregistrées (tableau V, fig. 8). Malgré cela la contamination des zostères du port de Porquerolles est plus marquée que chez celles de la lagune au fond de la baie de Port-Cros (0,19 ppm dans les feuilles et 0,17 ppm dans les rhizomes et les racines) ; elle est même assez voisine de celle des zostères de Port-Saint-Louis-du-Rhône qui accusent 0,25 ppm de mercure dans les feuilles et 1,71 ppm dans les rhizomes et les racines (AUGIER *et al.*, 1976 a et c).

3.5. — Faune benthique.

Les concentrations en mercure total des échantillons d'animaux prélevés dans le port de Porquerolles s'échelonnent de 0,12 à 2,11 ppm en fonction de la taille de l'organisme, de l'espèce, de la profondeur et de l'emplacement des récoltes (tableau VI, fig. 9 et 10).

Si on compare ces chiffres à ceux obtenus dans d'autres régions, par différents auteurs et en milieux diversement pollués, on constate que la faune benthique du port de Porquerolles, comme la flore, est contaminée par les composés mercuriels (tableaux VI et XIII).

La concentration en mercure des oursins, en particulier, est plus Marseille (tableau XIII). Il en est de même pour l'holothurie *Holothuria* forte ici que dans la baie de Port-Cros mais plus faible qu'en baie de *forskali* dont le degré de contamination est semblable à celui observé au Cap d'Antibes (tableau XIII). L'étoile de mer *Echinaster sepositus* présente enfin des concentrations en mercure total toujours élevées avec un maximum important de 2,11 ppm. Un résultat semblable (1,62 ppm) a déjà été enregistré à Port-Cros et il se précise donc que cet échinoderme carnivore se montre aussi doué que les moules pour concentrer le mercure (AUGIER *et al.*, 1977 a). Il pourrait donc avantageusement remplacer ces dernières dans les secteurs où elles font défaut et jouer aussi un rôle d'indicateur biologique de la pollution mercurielle dont les modalités d'utilisation seront développées ultérieurement.

3.6. — Poissons.

Les concentrations en mercure total des poissons capturés dans le port de Porquerolles (station 14, fig. 1) s'échelonnent, selon l'espèce et la taille, de 0,12 à 0,38 ppm (tableau VII). Il est certain que ces organismes vagiles ne peuvent pas caractériser le milieu où ils ont été prélevés car contrairement aux organismes benthiques fixés, il est difficile de déterminer le temps pendant lequel ils ont subi l'influence du milieu ambiant. Les analyses donnent ainsi seulement une indication sommaire sur un échantillonnage d'organismes vagiles fréquentant le port de Porque-

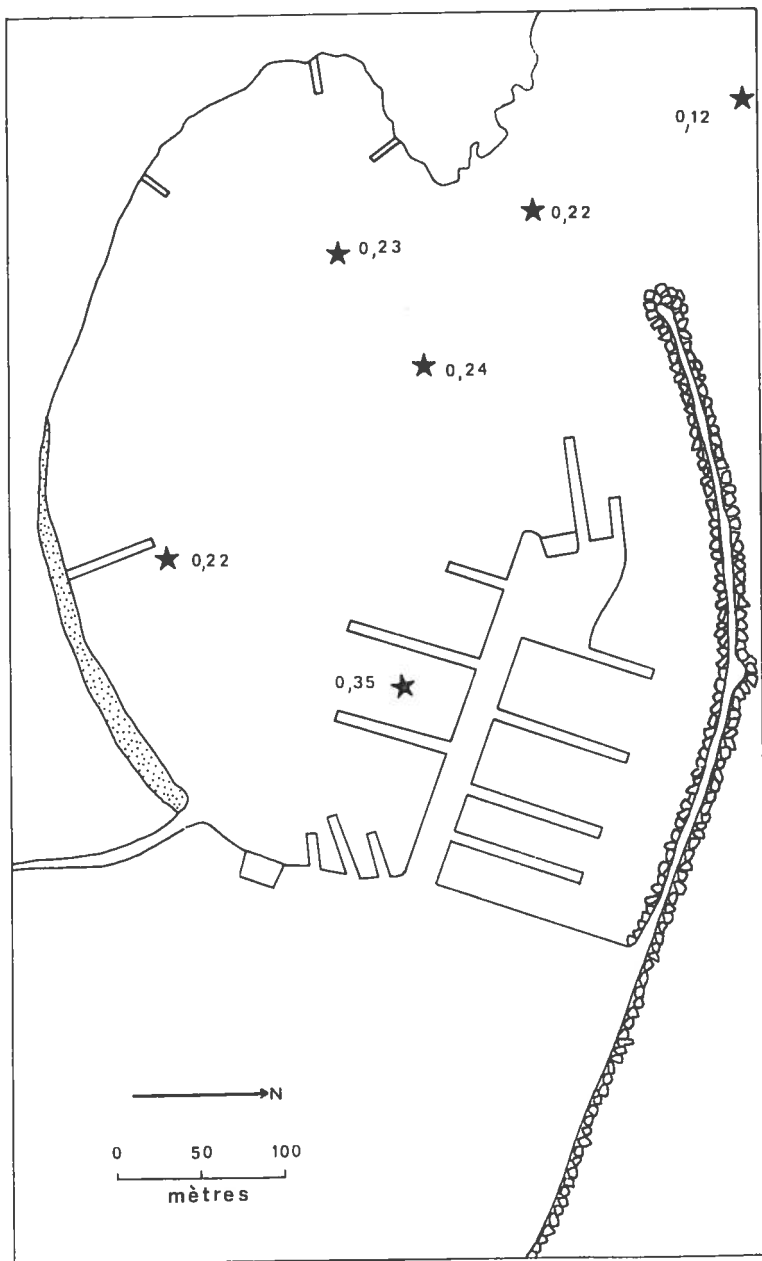


Fig. 9. — Taux de mercure total dans les lyophilisats de l'holothurie *Holothuri forskali* en différents secteurs du port de Porquerolles (en ppm = 10⁻⁶).

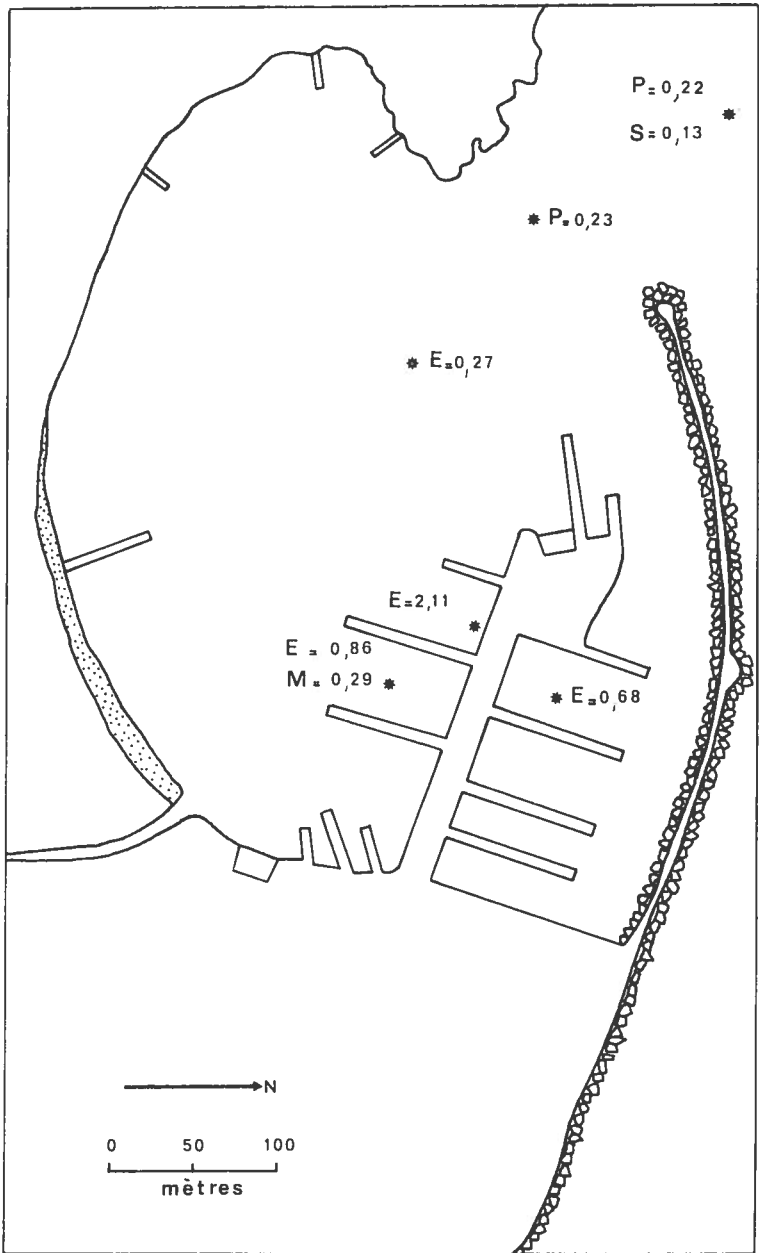


Fig. 10. — Taux de mercure total dans les lyophilisats de quelques Echinodermes prélevés en différents secteurs du port de Porquerolles (les étoiles de mer *Echinaster sepositus* = E et *Marthasterias glacialis* = M et les oursins *Paracentrotus lividus* = P et *Spherochinus granularis* = S; les concentrations sont exprimées en ppm = 10^{-6}).

rolles. Les taux de mercure rencontrés présentent en général des valeurs moyennes et quelquefois même assez faibles par rapport aux poissons pêchés dans des régions diversement polluées (tableaux XIV, XV et XVI).

Genres Espèces	Numéro de la station de prélèvement	N° d'identi- fication des échantillons	Dimensions des organismes	Profondeur	Concentra- tion en mercure (ppm)
<i>Holothuria forskali</i>	1	H 1	12 cm	— 6 m	0,12
	2	H 2	12,50 cm	— 7 m	0,22
	3	H 3	24,50 cm	— 7 m	0,24
	4	H 4	32 cm	— 5,5 m	0,23
	9	H 9	14 cm	— 1 à — 2 m	0,22
	11	H 11	32 cm	— 4,50 m	0,35
<i>Paracentrotus lividus</i>	1	PL 1	6 cm	— 6 m	0,22
	2	PL 2	6 cm	— 7 m	0,23
<i>Sphaerochinus granularis</i>	1	SG 1	8 cm	— 6 m	0,13
<i>Marthasterias glacialis</i>	11	MG 11	6 cm	— 4,50 m	0,29
<i>Echinaster sepositus</i>	3	ES 3	7 cm	— 7 m	0,27
	11	ES 11	9,50 cm	— 4,50 m	0,86
	12	ES 12	9 cm	— 0,40 m	2,11
	15	ES 15	8,50 cm	— 5,50 m	0,68

TABLEAU VI : Taux de mercure total dans les lyophilisats de l'*Holothurie Holothuria forskali*, des oursins *Paracentrotus lividus* et *Sphaerochinus granularis* et des étoiles de mer *Marthasterias glacialis* et *Echinaster sepositus* prélevés dans le port de Porquerolles (les concentrations sont exprimées en ppm = 10^{-6} de poudre lyophilisée. Les échantillons ont été prélevés le 11 et le 12 septembre 1977, les dimensions d'*Holothuria forskali* correspondent à la longueur et celles des autres organismes au diamètre).

GENRES - ESPECES	Longueur	Concentration en mercure (ppm)
<i>Boops salpa</i>	10,5 cm	0,12
	17 cm	0,19
<i>Puntazzo puntazzo</i>	13,6 cm	0,12
<i>Oblada melanura</i>	24,5 cm	0,38

TABLEAU VII : Taux de mercure total dans les lyophilisats de poissons prélevés au niveau de la station 14 dans le port de Porquerolles (les concentrations sont exprimées en ppm = 10^{-6} de poudre lyophilisée. Les poissons ont été capturés à l'aide d'un piège le 11 et le 12 septembre 1977 par 3 mètres de fond).

Echantillons analysés	Número d'identification des échantillons	Lieu de récolte de l'eau de mer ou Nature du sédiment	Profondeur	Concentration en mercure (ppm)
EAU DE MER	01	à proximité du fond	— 3 m	0,00068
	02	à proximité du fond	— 2,5 m	0,00047
SEDIMENTS	S 1	Sable vaseux	— 2,5 m	0,31
	S 2	Sable vaseux	— 3 m	0,32
	S 3	Sable légèrement vaseux	— 3 m	0,24
	S 4	Sable légèrement vaseux	— 1 m	0,35
	S 5	Sable légèrement vaseux	— 1,5 m	0,25

TABLEAU VIII : Taux de mercure total dans les lyophilisats d'eau de mer et de sédiments superficiels prélevés dans le port de Port-Cros (les résultats sont exprimés en ppm = 10^{-6} d'eau de mer ou de sédiments lyophilisés. D'après AUGIER et al., 1977 a).

Genres - Espèces	Lieu de prélèvement	Concentration (ppm)
<i>Codium fragile</i>	Baie du Grand Soufre, Iles du Frioul, Marseille (Bouches-du-Rhône) (1)	0,07
	Baie de Port-Cros (Var) (1)	0,11
	Port de Bandol (Var) (2)	0,11
	Cap Croisette, Marseille (Bouches-du-Rhône) (3)	0,30
	Calaque de la Mounine, Marseille (Bouches-du-Rhône) (1)	0,45
<i>Codium bursa</i>	Baie de Port-Cros (Var) (1)	0,10
<i>Enteromorpha compressa</i>	L'Auguette, golfe de Fos (Bouches-du-Rhône) (4)	0,68
<i>Caulerpa prolifera</i>	Cap d'Antibes (Alpes-Maritimes) (5)	7,60

TABLEAU IX : Taux de mercure total dans les lyophilisats de quelques espèces, d'algues vertes du littoral méditerranéen (les concentrations sont exprimées en ppm = 10^{-6} de poudre lyophilisée. D'après AUGIER *et al.*, 1977 c (1), 1977 c (2), 1976 b (4), 1978 (5) et résultats inédits (3)).

Genres - Espèces	Lieu de prélèvement	Concentration (ppm)
<i>Stypocaulon scoparium</i>	Plage à la sortie de Bandol (Var) (1)	0,09
	Port de Port-Crocs (Var) (2)	0,10 à 0,20
	Cap d'Antibes (Alpes-Maritimes) (3)	0,38
	Anse de Ponteau, golfe de Fos (Bouches-du-Rhône) (4)	1,10
	Auguette, golfe de Fos (Bouches-du-Rhône) (5)	3,96
<i>Dictyota dichotoma</i>	Baie de Port-Cros (Var) (2)	0,23
<i>Dictyopteris membranacea</i>	Baie de Port-Cros (Var)	0,23
	Cap Croisette, Marseille (Bouches-du-Rhône) (2)	0,28
	Cap d'Antibes (Alpes-Maritimes) (3)	0,40
<i>Padina pavonica</i>	Ile St-Honorat (Alpes-Maritimes) (4)	0,25
	Baie de Port-Cros (Var) 1975 (4) 1977 (2)	0,14 0,58
<i>Zanardinia prototypus</i>	Anse des Laurons, golfe de Fos (Bouches-du-Rhône) (4)	1,70

TABLEAU X : Taux de mercure total dans les lyophilisats de quelques espèces d'algues brunes du littoral méditerranéen (les concentrations sont exprimées en ppm = 10^{-6} de poudre lyophilisée. D'après AUGIER *et al.*, 1977 a (1), 1977 a (2), 1978 (3), 1976 b (5) et résultats inédits (4).

Genres - Espèces	Lieu de prélèvement	Concentration (ppm)
<i>Corallina mediterranea</i>	Aiguade - Ceinturon, golfe de Hyères (Var) (1)	0,05
	Cap Croisette, Marseille (Bouches-du-Rhône) (2)	0,19
	Auguette, golfe de Fos (Bouches-du-Rhône) (3)	0,26
<i>Ceramium rubrum</i>	Cap d'Antibes (Alpes-Maritimes) (4)	0,31
<i>Ceramium ciliatum</i>	Plaza, baie de Bandol (Var) (5)	0,05
	Port de Bandol (Var) (5)	0,08 à 2,22
	Anse des Laurons, golfe de Fos (Bouches-du-Rhône) (1)	0,72
	Ponteau, golfe de Fos (Bouches-du-Rhône) (5)	1,95 2,52
	Auguette, golfe de Fos (Bouches-du-Rhône) (5)	2,52 à 6,70

TABLEAU XI : Taux de mercure total dans les lyophilisats de quelques espèces d'algues rouges du littoral méditerranéen (les concentrations sont exprimées en ppm = 10^{-6} de poudre lyophilisée. D'après AUGIER *et al.*, 1977 a (2), 1976 b (3), 1978 (4), 1977 c (5) et résultats inédits (1)).

Localisation géographique	Degré de pollution mercurielle	Taux de mercure	Concentration en mercure (ppm)		
			Racines	Rhizomes	Feuilles
Pointe de La Galère à Port-Cros, Iles d'Hyères (Var) (1)	Exempt	Minimum Maximum	0,12	0,05	0,05
			0,14	0,12	0,09
Baie de Port-Cros, Iles d'Hyères (Var) (1)	Faible	Minimum Maximum	0,12	0,12	0,07
			0,21	0,22	0,20
Calanque de Sormiou, Massif des calanques (Bouches-du-Rhône) (1)	Faible	Minimum Maximum	0,20	0,12	0,07
			0,38	0,20	0,07
Baie du Grand Soufre, Iles Pomègues et Ratonneau, au large de la baie de Marseille (Bouches-du-Rhône) (1)	Faible	Minimum Maximum	0,20	0,15	0,11
			0,41	0,17	0,12
Baie de Marseille (Bouches-du-Rhône), (Paris exceptés) (1)	Moyen	Minimum Maximum	0,19	0,38	0,15
			0,70	0,77	0,43
Golf de Fos (Bouches-du-Rhône) (2)	Fort	Minimum Maximum	0,50	0,42	0,41
			0,84	1,26	4,58
Calanques et îles au voisinage du grand collecteur d'égouts de la ville de Marseille (Bouches-du-Rhône) (1)	Faible à Très fort	Minimum Maximum	0,32	0,20	0,09
			1,07	2,50	51,50

TABLEAU XII : Taux de mercure total dans les lyophilisats de racines, de rhizomes et de feuilles de *Posidonia oceanica* récoltés dans différentes régions du littoral méditerranéen français (les concentrations sont données en ppm = 10⁻⁶ de poudre lyophilisée. D'après AUGIER et al., 1977 b (1) et 1977 d (2)).

Groupe	Genres Espèces	Lieu de prélèvement	Concentration (ppm)
HOLOTHURIES	Concombre de mer	La Jolla, Californie, U.S.A. (1)	0,40
	<i>Holothuria forskali</i>	Ilot des Empereurs, Marseille (Bouches-du-Rhône) (2)	0,19
		Cap d'Antibes (Alpes-Maritimes) (3)	0,30
		Baie de Port-Cros (Var) (4)	0,23 à 0,48
		Calanque Marseilleveyre, Marseille (Bouches-du-Rhône) (2)	1,05
		Calanque des Queyrans, Marseille (Bouches-du-Rhône) (4)	2,90
OURSINS	<i>Arbacia lixula</i>	Baie de Port-Cros (Var) (4)	0,23
		Cap d'Antibes (Alpes-Maritimes) (3)	4,24
	<i>Paracentrotus lividus</i>	Baie de Port-Cros (Var) (4)	0,05 à 0,17
		Calanque de la Mounine, Marseille (Bouches-du-Rhône) (2)	0,33
		A proximité île Riou, Marseille (Bouches-du-Rhône) (4)	0,47
	<i>Spherochinus granularis</i>	Calanque de Callelongue, Marseille (Bouches-du-Rhône) (2)	0,20
		Calanque de la Mounine, Marseille (Bouches-du-Rhône) (2)	0,59
	ÉTOILES DE MER	<i>Evasterias troschelli</i>	Baie de Bellingham, U.S.A. (5)
<i>Pisaster ochraceus</i>		Baie de Bellingham, U.S.A. (5)	0,24 H
<i>Ophiophalis sp.</i>		430 km au S.E. de San Diego, Californie, U.S.A., 4 300 m de profondeur (6)	0,28
<i>Echinaster sepositus</i>		Baie de Port-Cros (Var) (4)	0,98 à 1,62

TABLEAU XIII : Taux de mercure total dans divers échantillons d'Echinodermes (les concentrations sont exprimées en ppm = 10^{-6} d'organismes lyophilisés (2, 3, 4), déshydratés (1, 6) ou humides (H). D'après KLEIN *et al.*, 1970 (1), AUGIER *et al.*, 1978 (3), 1977 a (4), RASMUSSEN *et al.*, 1975 (5), WILLIAMS *et al.*, 1973 (6) et AUGIER, GILLES et RAMONDA, résultats inédits (2)).

ESPECES	Nombre de prélèvements	Teneurs limites	Teneur moyenne	Teneur moyenne (Atlantique)
— Dorade	4	0,12 à 0,33	0,25	0,166
— Maquereau ...	4	0,14 à 0,58	0,265	0,081
— Anchois	19	0,08 à 1,04	0,254	0,059
— Sardine	11	0,11 à 0,22	0,14	0,052
— Espadon	4	1,63 à 4,88	2,96	

TABLEAU XIV : Teneur en mercure (mg/kg) de quelques poissons des zones côtières méditerranéennes, comparaison avec la teneur moyenne des mêmes espèces pêchées en Atlantique (d'après CUMONT et al., 1975).

ESPECES	Nombre d'échantillons	Teneurs moyennes en mercure (mg/kg)
Anchois	13	0,24
Bogue	7	0,41
Chimère	3	1,20
Congre	10	1,30
Dorade	9	0,41
Espadon	4	2,96
Labre	8	0,70
Maquereau	6	0,21
Merlan	21	0,62
Mostelle	12	0,75
Pageau	5	1,38
Perche de mer	3	0,40
Picarel	5	0,38
Raie	3	2,61
Rascasse	15	0,49
Rouget	12	1,44
Roussette	25	1,88
Sar	3	0,58
Sardine	10	0,15
Serran	18	0,63
Sole	5	0,60
Thon blanc	6	0,71
Thon rouge	270	1,20
Vive	5	1,47

TABLEAU XV : Teneurs moyennes en mercure par espèces de poisson en Méditerranée, toutes zones confondues (d'après AUBERT, 1975).

Poissons	1	2	3	4	5	6	7	8
Bogue	0,48				0,29			
Capelan		2,41			1,06			
Chimère			1,16					
Congre		2,16	3,21					0,71
Dorade							0,10	
Labre						1,90		
Merlan	0,87	0,67	0,51	0,81	0,41			0,31
Mostelle		0,67	0,40	0,90				
Mulet						0,50		0,11
Ombrine							0,13	
Pageau	0,31	0,40			1,33			
Pataclé							0,36	
Perche	0,99						0,25	
Raie								1,1
Rascasse						2,60	0,40	1,1
Rouget		1,34			1,60			
Roussette		2,10	2,10		2,40			
Sar	0,40						0,31	
Sardine	0,46							0,2
Serran						4,64	0,42	
Severeau	2,09							
Sole				0,51				
Vive	0,38							2,0

TABLEAU XVI : Taux de mercure total (taux moyen par espèce et par zone, en mg/kg) de diverses espèces de poissons pêchées 1 : au large de Cagnes (AUBERT, 1975), 2 : au large de Monaco (AUBERT, 1975), 3 : au large de Gênes (AUBERT, 1975), 4 : au large de La Spezia (AUBERT, 1975), 5 : au large de Livourne (AUBERT, 1975), 6 : au large de Rosignano, sur la côte toscane (RENZONI *et al.*, 1973), 7 : au large de Saint-Florent (AUBERT, 1975), 8 : sur les côtes italiennes de l'Adriatique (PERNA *et al.*, 1972).

4. — CONCLUSION

L'analyse de divers échantillons d'eau de mer, de sédiments, d'algues, de phanérogames marines, d'animaux benthiques et de poissons prélevés dans le port de Porquerolles révèle des concentrations en mercure total en général plus élevées que celles habituellement rencontrées dans les régions à l'abri de la pollution ou peu influencées par elle. Cette contamination des organismes marins par le mercure ne dépasse pas, en général, le seuil de sécurité de 0,5 ppm assez souvent proposé par différents organismes tels que l'O.M.S. ou la S.P.P.P.I. (*). Quelques rares organismes présentent cependant quelquefois un taux de mercure supérieur à 0,5 ppm ; c'est le cas de *Stypocaulon scoparium* chez les algues (0,76 ppm) et d'*Echinaster sepositus* chez les animaux (0,68, 0,81 et 2,11 ppm). Or, la pollution mercurielle du port de Porquerolles peut paraître, à certains égards, assez paradoxale puisqu'il ne s'exerce, dans son voisinage, aucune activité agricole ou industrielle traditionnellement reconnues comme sources classiques de rejets en mer de composés mercuriels.

Les effluents domestiques jouent également un rôle parfois important dans cette pollution comme en témoignent les résultats obtenus à Port-Cros et au Cap d'Antibes (AUGIER *et al.*, 1977 a et 1978). Cependant, la part de responsabilité qui doit revenir à cette source de pollution mercurielle ne doit pas être aussi importante à Porquerolles que dans les deux secteurs précédents. En effet, les travaux d'assainissement du village ont permis, en 1972, de détourner vers une station d'épuration les canalisations qui se déversaient jusque là dans le port. Malgré cet aménagement, il existe encore une pollution d'origine domestique due à la pratique du « tout à la mer » de certains plaisanciers ainsi qu'aux évacuations espacées d'une canalisation de secours qui débite directement dans le port en cas de surcharge ou d'avarie dans le réseau d'égout. Il apparaît donc difficile, dans ces conditions, d'attribuer la responsabilité principale de la pollution mercurielle à ces déversements domestiques occasionnels.

L'examen de la répartition des fortes concentrations en mercure dans les eaux, les sédiments et les organismes marins montre que la pollution se localise principalement au niveau des secteurs les plus fréquentés du plan d'eau et que par conséquent la pollution mercurielle est directement liée aux activités maritimes. Les données actuelles ne permettent pas encore de faire la part de responsabilité qui incombe aux rejets liquides et gazeux des embarcations à moteur. Il en est de même des peintures anti-fouling des coques de navires dont certaines sont encore à base de mercure, nonobstant les mesures restrictives récemment arrêtées. Il n'est pas exclus aussi que cette concentration en mercure soit favorisée par le milieu portuaire qui présente des conditions hydro-

* O.M.S. = Organisation Mondiale de la Santé.

S.P.P.P.I. = Secrétariat Permanent pour les Problèmes de Pollution Industrielle de la zone de Fos - Etang de Berre (Bull. Inform., Octobre 1972).

logiques, écologiques et bactériologiques nettement différentes des autres portions du littoral et plus particulièrement à Porquerolles où les échanges avec les eaux vives du large sont considérablement perturbés.

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable d'exprimer ici nos bien vifs remerciements à tous ceux qui nous ont apporté, à des titres divers, leur aide généreuse et leur précieux concours : Monsieur RAVETTA, Directeur du Parc National de Port-Cros, Monsieur le Professeur MOLINIER, Président du Comité Scientifique, Madame LEMAIRE, Conseiller Permanent au Parc National, Monsieur AUDEMARD, Chef de Secteur, ainsi que le personnel du Parc et de la Mission d'Aménagement de l'île de Porquerolles (MM. BAUDIN, BERNARD, BORA, CHARMEIL, ELGEN, PUJOL, ROYER et SCOTTO) ; le Commandant et le Gérant du Centre de Perfectionnement des Gendarmes Auxiliaires de Porquerolles. Nous associons également à ces remerciements Mademoiselle THOME, laborantine ; Madame DECAMPS et Mademoiselle SEGHOMONIAN, Aides Techniques ; Mademoiselle BiANCHI et Monique AUGIER qui ont assuré la dactylographie et la composition de nos publications.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1974. — La pollution par le mercure et ses dérivés. Monographies scientifiques sur les polluants chimiques. *La Docum. Franç.* : 1-67.
- ARNOUX A., GILLES G., AUCLAIR D., 1974. — Indice de pollution chimique dans les sédiments de la zone de rejet en mer d'un effluent urbain (Marseille). *Bull. Soc. Pharm. Ouest*, 16 (4) : 385-392.
- ARNOUX A., GILLES G., RAMONDA G., 1975. — Pollution par le mercure des sédiments superficiels du golfe du Lion. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 281 : 743-746.
- AUBERT M., 1975. — Le problème du mercure en Méditerranée. *Rev. Intern. Océanogr. Méd.*, 37-38 : 215-231.
- AUBERT M., DONNIER B., 1974. — Pollution du milieu marin par le mercure et le cadmium en Méditerranée. *Actes Sympos. Intern., Commission des Communautés Européennes, Luxembourg*, 1974 : 261-278.
- AUGIER H., 1970. — La lyophilisation, son utilisation en phycologie. *Bull. Mus. Hist. nat., Marseille*, 30 : 229-251.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1976 a. — Recherches sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoechades (Méditerranée, France). 1. — Teneur en mercure des eaux, des sédiments et des phanérogames marines de milieu lagunaire dans l'anse de Port-Cros (Parc National). *Trav. Sci. Parc Nat. de Port-Cros*, 2 : 23-28.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1976 b. — Impact de la pollution par le mercure sur divers organismes végétaux et animaux au niveau des biocénoses se succédant de la zone halophile à l'étage infralittoral supérieur, à l'Auguette (Golfe de Fos, Méditerranée, France). *95^e Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences, « Expansion et qualité de la vie », 5-10 juillet 1976, Marseille (sous presse).*

- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1976 c. — Recherche sur la pollution par le mercure dans le Golfe de Fos : Comportement des phanérogames marines de deux stations-tests par rapport à celles du Parc National de Port-Cros. *XXV^e Congrès - Assemblée plén. Comm. Intern. Explor. Sci. Mer Méditer.. Split* 22-30 octobre 1976 : 2 pp.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1977 a. — Recherche sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoéchades (Méditerranée, France). 2. — Teneur en mercure des eaux, des sédiments, des algues et des animaux benthiques du port de Port-Cros. *Trav. Sci. Parc Nation. Port-Cros*, 3 : 9-26.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1977 b. — Recherche sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoéchades (Méditerranée, France). 3. — Teneur en mercure de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* en fonction de la profondeur et de la pollution dans l'île de Port-Cros. Comparaison avec d'autres régions du littoral méditerranéen français. *Trav. Sci. Parc Nation. Port-Cros*, 3 : 27-38.
- AUGIER G., GILLES G., RAMONDA G., 1977 c. — L'algue rouge *Ceramium cilia tum* var. *robustum* (J. Ag.) G. MAZOYER est un remarquable indicateur biologique de la pollution mercurielle littorale. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 284 : 445-447.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1977 d. — Utilisation de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* Delile pour mesurer le degré de contamination mercurielle des eaux littorales méditerranéennes. *C.R. Acad. Sci., D*, 285 : 1557-1560.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1978. — Recherche sur la pollution littorale dans les Alpes-Maritimes (Méditerranée, France) : teneur en mercure de quelques organismes benthiques de la zone infralittorale supérieure au Cap d'Antibes. *Bull. Ecol.* (sous presse).
- AUGIER H., SEILLER A., 1978. — Le port de Porquerolles (Méditerranée, France). I. — Historique, description générale des installations, bilan des activités portuaires, inventaire des sources de nuisance. *Trav. Sci. Parc Nation. Port-Cros*, 4 :
- CRANSTON J., BUCKLEY M., 1973. — Mercury pathways in a river and estuary. *Environ. Sci. technol.*, 6 : 3.
- CUMONT G., 1971. — Dosage du mercure par spectrophotométrie d'absorption atomique sans flamme. *Chimie analytique*, 53 (10) : 634-645.
- CUMONT G., DAGORN M.-B., LELIEVRE H., 1974. — Dosage du mercure dans les produits biologiques par spectrophotométrie d'absorption atomique sans flamme. *Actes Sympos. Intern. Comm. Europ., Luxembourg* : 221-230.
- CUMONT G., GILLES G., BERNARD F., BRIAND M.-B., STEPHAN G., RAMONDA G., GUILLOU G., 1975. — Bilan de la contamination des poissons de mer par le mercure à l'occasion d'un contrôle portant sur trois années. *Ann. Hyg. L. Fr. Méd. et Nutr.*, 11 (1) : 17-25.
- FERRI G., GIACONI V., 1973. — Indagine sull'inquinamento da mercurio in un tratto di mare antistante Rosignano Marittimo in provincia di Livorno. *Riv. Ital. Ig., Ital.*, 33 (1-3) : 3-28.
- FITZGERALD R.-A., LYONS W.-B., 1973. — Organic mercury compounds in coastal waters. *Nature*, 242 (4) : 452-453.
- HAUG A., MELSON S., OMANG S., 1974. — Estimation of heavy metal pollution in two norwegian fjord areas by analysis of the brown alga *Ascophyllum nodosum*. *Environ. Pollut.*, 7 : 179-192.
- HOLDEN A.-V., 1973. — Mercury in fish and shellfish. A review. *J. Food Technol.* 8 : 1-25.

- HOSOHARA K., KOZUMA H., KAWASAKI K., TSURUTA T., 1961. — Studies on the total amount of mercury in sea water. *J. Chem. Soc. Japan*, 82 : 1479-1480.
- KLEIN D.-H., GOLDBERG E.-D., 1970. — Mercury in the marine environment. *Environ. Sci. Tech.*, 4 : 765.
- KURLAND T.-L., FARO S.-N., SIEDLER H., 1960. — Minamata disease. The outbreak of a neurologic disorder in Minamata, Japan, and its relationship to the ingestion of seafood contaminated by mercury compounds. *Worl. Neurol.*, 1 : 370-391.
- PERNA A., DI SILVESTRO C., CARACCILO S., 1972. — La presenza di mercurio totale nella carne dei pesci e di altri prodotti della pesca del Mare Adriatico. *Il Progresso Veterinario* : 1-14.
- RASMUSSEN L.-F., WILLIAMS C., 1975. — The occurrence and distribution of mercury in marine organisms in Bellingham Bay (Washington, U.S.A.). *Northwest Science*, 49 (2) : 87-94.
- RENZONI A., 1976. — A case of mercury abatement along the Tuscan coast XXV^e Congrès Assemblée plén., *Comm. Intern. Explor. Sci. Mer Médit.*, Split 22-30 octobre 1976 : 7 pp.
- RENZONI A., BACCI E., FACIAL L., 1973. — Mercury concentration in the water sediments and fauna of an area of the tyrrhenian Coast. *Rev. Intern. Oceanog. Med.*, 31-32 : 17-47.
- STOCK A., CUCUEL F., 1934. — Die Verbreitung des Quecksilbers. *Naturwissenschaften*, 22 : 390-393.
- UTHE J.-F., ARMSTRONG F.-A.-J., STANTON M.-P., 1970. — Mercury determination in fish samples by wet digestion and flameless atomic absorption spectrophotometry. *J. Fish. Res. Board Canada*, 27 (4) : 805-811.
- WALLACE R.-A., FULKERSON W., SHULTS W.-D., LYONS W.-S., 1971. — Mercury in the environment : the human element. *Oak Ridge National Laboratory, U.S.A.*, Report ORNL NSF-EP-1.
- WEISS H.-U., YAMAMOTO S., CROZIER T.-E., MATHEWSON J.-H., 1972. — Mercury vertical distribution at two locations in the eastern tropical Pacific Ocean. *Environ. Sci and Technol.*, 6 (7) : 644-645.
- WILLIAMS P.-M., WEISS H.-U., 1973. — Mercury in the marine environment : concentration in sea water and in a pelagic food chain. *J. Fish. Res. Board Canada*, 30 : 293-295.

