

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

II. - TENEUR EN MERCURE DES EAUX, DES SÉDIMENTS, DES ALGUES ET DES ANIMAUX BENTHIQUES DU PORT DE PORT-CROS

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 de différents échantillons d'eau de mer, de sédiments, d'algues et d'animaux benthiques prélevés dans le port de l'île de Port-Cros.

Les résultats obtenus montrent que les eaux et les sédiments du port de Port-Cros sont pollués par le mercure, mais les concentrations en mercure total enregistrées sont encore relativement faibles par rapport à celles qui caractérisent les grandes régions industrielles, agricoles et urbaines du littoral. La pollution mercurielle de l'eau et des sédiments se répercute sur la flore et la faune sans que cela soit très inquiétant sauf pour deux espèces animales qui présentent plus que d'autres la propriété de concentrer le mercure ; il s'agit de l'étoile de mer *Echinaster sepositus* (1,62 ppm) et surtout de la moule *Mytilus galloprovincialis* (2,61 ppm).

Les recherches sur l'origine de cette pollution n'ont pas permis, pour l'instant, de déterminer la part des responsabilités exactes qui revient aux effluents domestiques du village et aux diverses sources de pollution liées aux activités portuaires.

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

* Laboratoire de Biologie marine, U.E.R. des Sciences de la Mer et de l'Environnement, Faculté des Sciences de Luminy, 13009 Marseille.

** Laboratoire Vétérinaire, 13252 Marseille Cédex 2. France.

The results shows that water and sediments of the port of Port-Cros are polluted by the mercuric compounds, but the concentration of total mercury are still relatively low comparatively with those of the great industrial, agricultural and urban areas of the littoral. The mercuric pollution of water and sediments reverberate to the flora and fauna but that is no very alarming excepted for two animals species which have more than other the properties to concentrate the mercury ; it is the marine star *Echinaster sepositus* (1,62 ppm) and chiefly the mussel *Mytilus galloprovincialis* (2,61 ppm).

The research concerning the origin of this pollution have not allowed to settle the responsibilities between the domestic effluents and the miscellaneous pollutants proceeding of the wariious activities of the port.

1. — INTRODUCTION

Cette étude constitue le deuxième élément d'un ensemble de travaux réalisés dans le Parc National de Port-Cros ou dans son voisinage et présentés sous le titre général : "Recherche sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoechades". Les premières expériences (AUGIER *et al.* 1976 a) ont été axées sur les peuplements de deux phanérogames marines (*Cymodocea nodosa* et *Zostera noltii*) de la lagune située à l'arrière du récif-barrière dans le fond de la baie de Port-Cros. Les résultats obtenus ont montré que le mercure contenu dans les sédiments et les tissus de *Cymodocea nodosa* et de *Zostera noltii* s'y trouve à des taux relativement bas si on les compare à d'autres échantillons prélevés dans la région polluée du golfe de Fos-sur-Mer (AUGIER *et al.* 1976 c).

L'étude a également montré l'intérêt fondamental d'entreprendre des recherches de cette nature dans les eaux du Parc National de Port-Cros qui constituent, à ce sujet, un excellent milieu de référence.

Il nous a paru par conséquent intéressant de poursuivre cette première investigation en étudiant la répartition du mercure dans les eaux, les sédiments et les organismes du port de Port-Cros 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 relativement faible et d'origine locale par rapport à celle d'autres régions du littoral soumises à des nuisances de plus grande envergure et à origines multiples.

La charge polluante du port de Port-Cros provient essentiellement des effluents domestiques du village déversés à une profondeur de 3 mètres par un collecteur situé sur la face Est de la baie, des eaux usées du "Manoir" rejetées, sans canalisation, dans la lagune et enfin des rejets de diverses natures apportés par le trafic portuaire à vocation essentiellement touristique, surtout intense en été.

2. — METHODES

La récolte des organismes est réalisée en plongée en scaphandre autonome dès que la profondeur dépasse 1 mètre. Les plantes et les animaux sont prélevés entiers et avec grand soin pour les garder vivants jusqu'au laboratoire. L'eau de mer est directement recueillie sur place

dans des récipients en matière plastique de 2 000 cm³ de capacité. Une boîte en matière plastique de forme spéciale permet de prélever le premier centimètre de sédiments.

Au laboratoire, les échantillons vivants qui ont été transportés dans des récipients en polyéthylène remplis d'eau de mer prélevée sur place, sont triés, mesurés et débarrassés des épiphytes s'il y a lieu. La coquille des moules et des pagures est éliminée avec grand soin pour ne pas blesser l'animal. Les organismes vivants, les sédiments et l'eau de mer sont ensuite lyophilisés et micropulvérisés selon une technique précédemment décrite (AUGIER, 1970).

Les échantillons lyophilisés 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. Le mercure est alors 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.

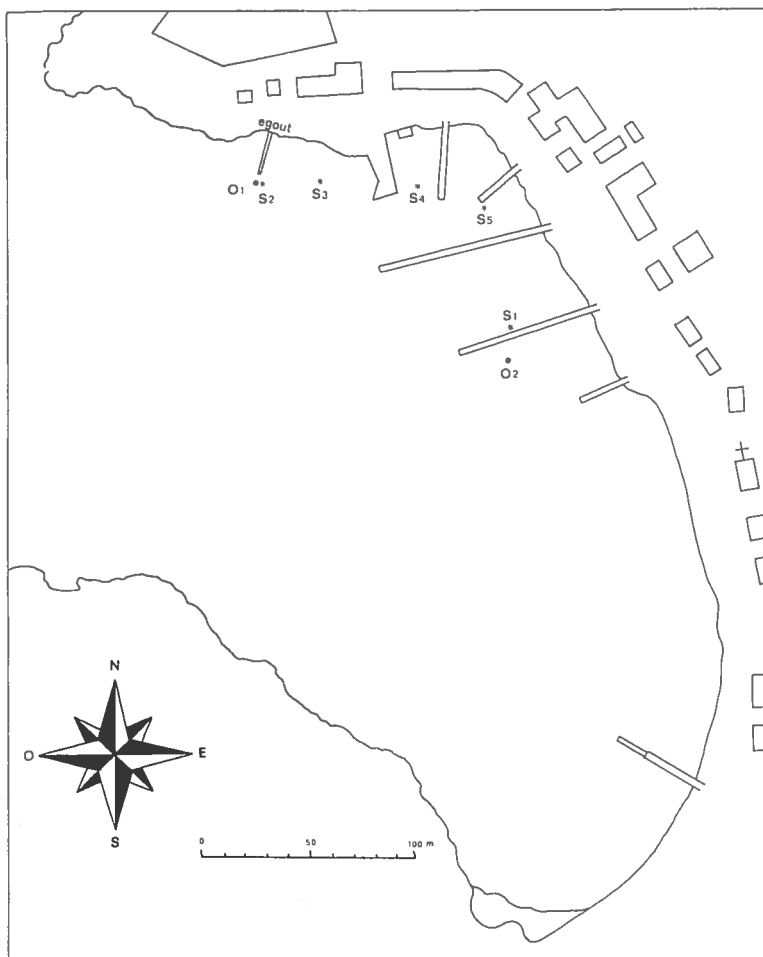
Le dosage du mercure est réalisé à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique sans flamme IL 253, de Instrumentation Laboratory Incorporation de Lexington, selon la méthode de UTHE *et al.* (1970), perfectionnée par CUMONT (1971) et décrite en détail précédemment (AUGIER *et al.* 1976 b).

3. — RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus ont été portés dans les tableaux I (eau de mer et sédiments), II (algues) et III (animaux). L'emplacement exact des prélèvements figure dans les cartes 1 (eau et sédiments), 2 (algues) et 3 (animaux).

Echantillons analysés	Numéro 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 I. — Taux de mercure total dans les lyophilisats d'eau de mer et de sédiments superficiels prélevés dans le port de Port-Cros. (Les concentrations en mercure sont données en ppm d'eau de mer ou de sédiments lyophilisés. Les échantillons ont été prélevés le 27 septembre 1976).



CARTE 1 : Stations de prélèvement des échantillons d'eau (O) et des sédiments (S) dans le port de Port-Cros.

3.1. — L'eau de mer

L'eau de mer prélevée au niveau du débouché du collecteur des eaux usées du village présente une concentration en mercure (0,00068 ppm) plus élevée que celle recueillie à l'autre extrémité du port (0,00047 ppm).

Par ailleurs, les concentrations en mercure enregistrées dans l'eau du port de Port-Cros (tableau I, carte 1) sont nettement plus élevées que le taux de 0,00003 ppm de mercure total proposé, dès 1934, par STOCK et CUCUEL et considéré depuis comme la concentration "naturelle" moyenne des mers et des océans (SILLEN 1963). Des travaux

plus récents (WALLACE *et al.* 1971, HOLDEN 1972, WEISS *et al.* 1972, FITZGERALD *et al.* 1973, AUGIER *et al.* 1977 a) ont montré que ce chiffre moyen pouvait varier selon la mer et le lieu de prélèvement dans les limites de 0,00001 à 0,00002 ppm. Le taux de mercure total est souvent plus élevé dans les mers fermées comme la Méditerranée (AUBERT 1975). A Bandol, petite ville balnéaire provençale assez éloignée des grands centres portuaires et industriels nous avons trouvé, par exemple, des taux de mercure total dans l'eau de mer variant de 0,00045 à 0,00064 ppm dans le voisinage du port (AUGIER *et al.* 1977 a). Ce sont donc des valeurs identiques à ces dernières qui ont été enregistrées dans les eaux du port de Port-Cros. Au niveau des côtes industrialisées ou des estuaires, la teneur de l'eau de mer en mercure est plus élevée, les valeurs précédentes étant assez souvent augmentées d'un facteur au moins égal à 10 : 0,0001 à 0,002 ppm (HOLDEN 1972, CRANSTON *et al.* 1973, FITZGERALD *et al.* 1973, RENZONI *et al.* 1973, AUGIER *et al.* 1977 b). Des valeurs encore plus élevées peuvent être rencontrées dans certaines régions plus fortement contaminées : 0,0036 ppm dans la baie de Minamata, au Japon (HOSOHARA *et al.* 1961), 0,0029 à 0,0037 ppm dans certains secteurs de la mer liguro-provençale (AUBERT 1975), 0,0189 ppm dans une région très polluée du littoral de Livourne en Italie (FERRI *et al.* 1973), 0,05 ppm dans le golfe de Fos, en France (AUGIER *et al.* 1976 b), 0,2 ppm sur la côte Toscane en Italie, au niveau des effluents de rejets industriels chargés en mercure (RENZONI 1976).

Les considérations précédentes permettent finalement de constater que les eaux du port de Port-Cros accusent un début de pollution mercurielle incontestable. Les valeurs enregistrées demeurent néanmoins relativement faibles par rapport à celles qui caractérisent les grandes régions industrielles et urbaines du littoral méditerranéen (Golfe de Fos et baie de Marseille).

32. — Sédiments

La contamination mercurielle de l'eau du port de Port-Cros se retrouve au niveau des sédiments et à un degré plus élevé puisque les taux enregistrés s'échelonnent de 0,24 à 0,35 ppm (tableau I, carte 1).

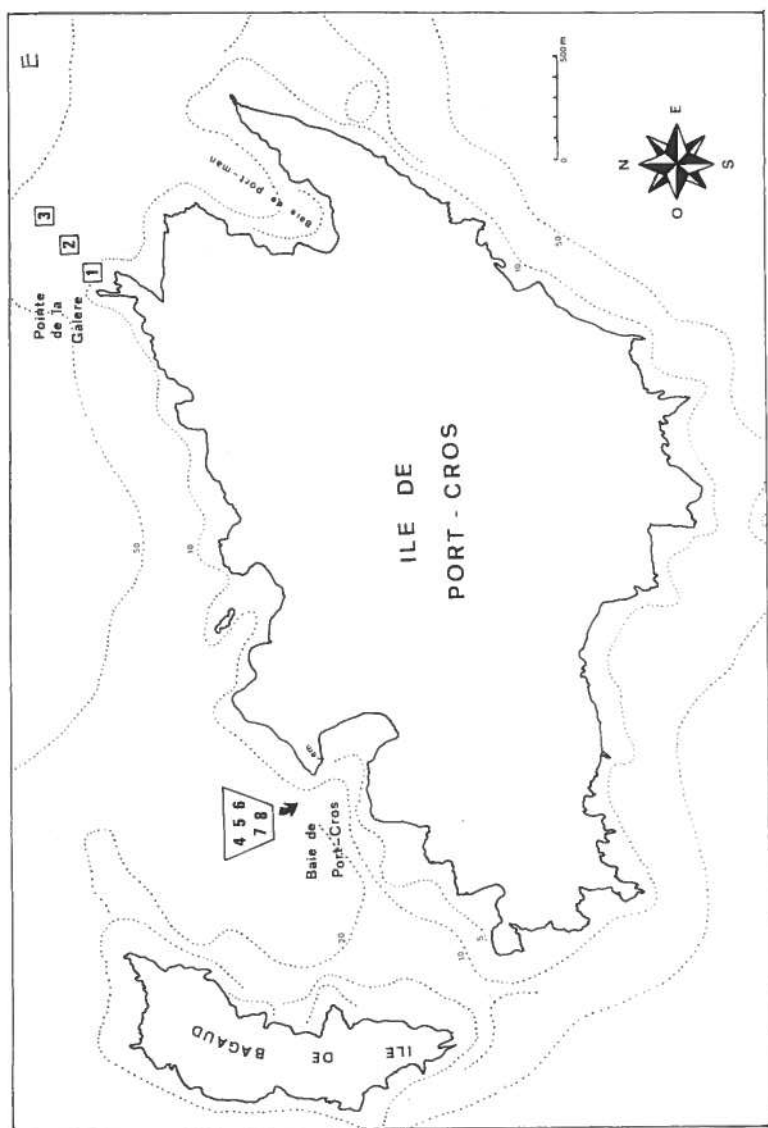
Deux publications récentes (ANONYME 1974, AUBERT 1975) faisant le point sur ce problème en Méditerranée occidentale proposent, en effet, les valeurs limites suivantes du taux de mercure total dans les sédiments :

En zones contaminées : plus de 1 ppm (rapporté aux sédiments secs).

En zones proches des régions contaminées : 0,04 à 0,05 ppm.

En zones non contaminées : 0,01 ppm.

Des dosages effectués en divers points d'une radiale allant d'Imperia en Italie au Cap Corse ont donné des valeurs qui s'échelonnent de 0,04 à 0,05 ppm (AUBERT 1975). RENZONI (1973), étudiant des sédiments prélevés le long de la côte toscane, à proximité de rejets indus-

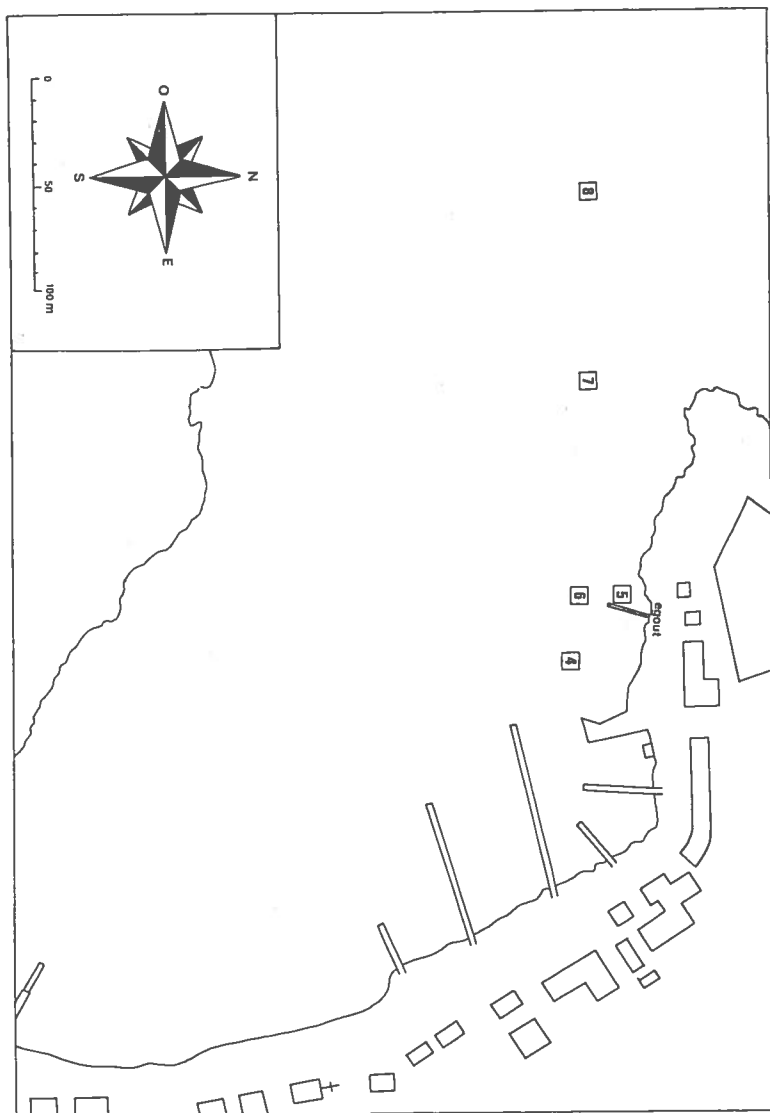


CARTE 2. — Emplacement des stations d'études de *Posidonia oceanica* sur le littoral de l'île de Port-Cros.

triels importants, note, dans un rayon de 7 km, un gradient de concentration en mercure de 0,1 à 1,2 ppm. Il nous a été possible également d'observer, depuis la sortie du grand collecteur d'égoût de Marseille, à Cortiou, une succession d'auréoles de pollution décroissantes témoignant une chute rapide de la teneur en mercure des sédiments qui passe de 16,5 à 0,78 ppm dans un rayon de 4 km (ARNOUX *et al.* 1974). Au niveau du plateau continental du Golfe du Lion, dans une zone largement soumise à la sédimentation rhodanienne, la concentration en mercure des sédiments s'échelonne de 0,01 à 0,64 ppm sur plus d'une centaine de prélèvements (ARNOUX *et al.* 1975). Les valeurs les plus élevées ont été trouvées dans la baie de Minamata, au Japon, où les taux de mercure dans les sédiments varient 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).

Genre Espèce (nom commun)	Numéro d'identifi- cation des échantillons	Longueur moyenne des thalles	Profondeur	Concen- tration en mercure (ppm)
<i>Stypocaulon scoparium</i> (Balai de mer)	1	10 cm	— 0,30 m	0,10
<i>Stypocaulon scoparium</i> (Balai de mer)	2	16 cm	— 1 m	0,20
<i>Dictyota dichotoma</i> (Dictyota)	3	8 cm	— 0,25 m	0,23
<i>Dictyopteris membranacea</i> (Fougère de mer)	4	8,9 cm	— 0,25 m	0,23
<i>Padina pavonica</i> (Pavot de mer)	5	6,5 cm	— 1,50 m	0,58
<i>Codium fragile</i> Codium fragile	6	16 cm	— 1,50 m	0,11
<i>Codium bursa</i> (Codium bourse)	7	16 cm de diamètre	— 3 m	0,10

TABLEAU II. — Taux de mercure total dans les lyophilisats de quelques espèces d'algues du port de Port-Cros. (Les concentrations en mercure sont données en ppm de poudre lyophilisée. Les *Stypocaulons* ont été récoltés le 18 juin 1976, les autres espèces le 27 septembre 1976).



CARTE 3. — *Emplacement des stations d'étude de Posidonia oceanica dans la baie de Port-Cros.*

3.3. — Algues

La concentration en mercure total des algues s'échelonne de 0,10 à 0,58 ppm selon l'espèce, la profondeur et le lieu de récolte (tableau II, carte 2). Si on compare ces chiffres à ceux obtenus dans d'autres secteurs du littoral méditerranéen français (tableau IV), on constate qu'il existe aussi au niveau de la flore marine du port de Port-Cros une pollution mercurielle indéniable bien que les taux de mercure enregistrés restent dans des limites tolérables. Chez l'algue brune *Stypocaulon scoparium*, par exemple, la concentration en mercure des échantillons du port de Port-Cros (0,10 et 0,20 ppm) est plus élevée que dans les échantillons provenant de la plage de Bandol (0,09 ppm) mais plus faible que ceux provenant du Cap d'Antibes (0,38 ppm) et surtout du golfe de Fos, à l'Auguette, très pollué (3,96 ppm). En ce qui concerne la Chlorophycée *Codium fragile*, les échantillons provenant du port de Port-Cros présentent des taux plus élevés (0,11 ppm) que ceux de la baie du Grand Soufre entre les îles Pomègues et Ratonneau, au large de Marseille (0,07 ppm), identiques à ceux du port de Bandol (0,11 ppm) et plus faibles que ceux de la calanque de la Mounine (0,45 ppm) située dans un secteur encore pollué par le grand collecteur d'égoût de la ville de Marseille. Des comparaisons semblables peuvent également être réalisées en ce qui concerne les Phéophycées *Padina pavonica* et *Diclyopteris membranacea* (tableaux II et IV). Ces observations 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), 0,98 ppm en moyenne dans la baie de Minamata, au Japon (TOKUOMI 1969), 1,03 à 15,4 ppm à proximité des rejets industriels à Rosignano, près de Livourne, en Italie (FERRI *et al.* 1973).

3.4. — Animaux

Les concentrations en mercure total des échantillons d'animaux prélevés dans le port de Port-Cros s'échelonnent de 0,05 à 2,61 ppm selon l'espèce, la profondeur et l'emplacement du prélèvement (tableau III, carte 3). Si on compare ces chiffres à ceux obtenus dans d'autres régions, par différents auteurs et en milieu pollué ou non (tableau V et VI), on constate que la faune du port de Port-Cros, comme la flore, est contaminée par les composés mercuriques, quelquefois à un degré assez élevé pour certaines espèces comme l'étoile de mer *Echinaster sepositus* (1,62 ppm) ou la moule *Mytilus galloprovincialis* (2,61 ppm).

Les résultats obtenus avec les Echinodermes sont assez significatifs (tableaux II et V) :

— les taux de mercure total des oursins comestibles (*Paracentrotus lividus*) du port de Port-Cros qui s'échelonnent de 0,05 à 0,17 ppm sont nettement inférieurs à ceux des oursins de la calanque des Queyrans et des îles Riou et Plane (0,33 et 0,47 ppm) situées dans un secteur encore soumis à la nappe polluante du grand collecteur d'égoût de la ville de Marseille.

— la concentration en mercure de l'holothurie noire (*Holothuria forskali*) du port de Port-Cros (0,22 à 0,48 ppm) est voisine de celle du Cap d'Antibes (0,30 ppm) placée sous l'influence de la pollution d'un rejet d'eaux usées domestiques de faible importance, mais nettement inférieur à celle de la calanque des Queyrans, près de Marseille (1,06 ppm).

Genre Espèce (Nom commun)	Numéro d'identi- fication des échantillons	Dimensions des organismes	Profondeur	Concen- tration en mercure (ppm)
<i>Arbacia lixula</i> (Oursin noir)	1 (*)	7 cm	— 1 m	0,23
<i>Paracentrotus lividus</i> (Oursin comestible)	2 (*)	5,5 cm	— 1 m	0,05
	3	6 cm	— 0,25 m	0,13
	4	4,5 cm	— 1,5 m	0,15
	5	4,5 cm	— 1 m	0,17
	6	7 cm	— 3 m	0,06
	7	6,5 cm	— 0,2 m	0,08
	8	6,5 cm	— 3 m	0,09
	<i>Holothuria forskali</i> (Holothurie noire)	9	18 cm	— 2,5 m
10		18 cm	— 1,5 m	0,26
11		21 cm	— 3 m	0,22
12		17 cm	— 3 m	0,27
13		23 cm	— 1 m	0,26
<i>Echinaster sepositus</i> (Etoile de mer)	14	5,6 cm	— 3 m	0,98
	15	12 cm	— 1 m	1,30
	16	8,5 cm	— 3 m	1,62
<i>Mytilus galloprovincialis</i> (Moule)	17	2,8 cm	— 0,4 m	1,06
	18 (*)	2,9 cm	— 0,4 m	2,61
<i>Clibanarius misanthropus</i> (Pagure des rochers)	19	3 cm	— 3 m	0,17

TABLEAU III. — Taux de mercure total dans les lyophilisats de quelques animaux benthiques du port de Port-Cros. (Les concentrations en mercure sont données en ppm de poudre lyophilisée. Les récoltes ont été réalisées le 27 septembre 1976 à l'exception des échantillons (*), ramassés le 18 juin 1976. Les chiffres de la colonne des dimensions représentent le diamètre des oursins, piquants en place, le diamètre des étoiles de mer bras déployés, la longueur des holothuries, des coquilles de moule et du corps du pagure. Les dosages ont été effectués sur des animaux entiers à l'exception des moules et du pagure dont les coquilles ont été éliminées avant la lyophilisation).

GROUPE	Genre	Espèce	Lieu de prélèvement	Concentration (ppm)
ALGUES BRUNES		<i>Padina pavonica</i>	Iles de Lérins, Cannes (1)	0,25
		<i>Dictyopteris membranacea</i>	Cap Croisette, Marseille (1)	0,28
			Cap d'Antibes (2)	0,40
BRUNES		<i>Stypocaulon scoporium</i>	Plage sortie Bandol (1)	0,09
			Cap d'Antibes (2)	0,38
			Auguette, Fos-s.-Mer (4)	3,96
ALGUES VERTES		<i>Caulerpa prolifera</i>	Cap d'Antibes (2)	7,60
		<i>Codium fragile</i>	Baie du Grand Soufre, (1) îles Pomègues et Ra- tonneau, Marseille	0,07
			Port de Bandol (1)	0,11
			Calanque de la Mounine, Marseille (1)	0,45
	<i>Enteromorpha compressa</i>	Auguette, Fos-s.-Mer (4)	0,68	
ALGUES ROUGES		<i>Corallina mediterranea</i>	Auguette, Fos-s.-Mer (4)	0,26
		<i>Ceramium rubrum</i>	Cap d'Antibes (2)	0,31
			Plage, baie Bandol (3)	0,05
			Port de Bandol (3)	0,08 à 2,22
		<i>Ceramium ciliatum</i>	Golfe de Fos Anse des Laurons (3)	0,72
			Ponteau (3)	1,95 à 2,52
			Auguette (3) et (4)	2,52 à 6,70

TABLEAU IV. — Taux de mercure total dans les lyophilisats de diverses espèces d'algues (les concentrations sont exprimées en ppm de poudre lyophilisée. D'après AUGIER *et al.*, résultats inédits (1), AUGIER *et al.*, 1977 b (2), AUGIER *et al.*, 1977 a (3), AUGIER *et al.*, 1976 b (4).

GROUPE	Genres Espèces	Lieu de prélèvement	Concentration (ppm)
OURSINS	<i>Arbacia lixula</i>	Cap d'Antibes (1)	4,24
	<i>Paracentrotus lividus</i>	Calanque des Queyrons (2) Marseille	0,33
		Entre l'île Riou et (2) l'île Plane, Marseille	0,47
HOLO-THURIES	Concombre de mer	La Jolla, Californie (3) U.S.A.	0,40
	<i>Holothuria forskali</i>	Cap d'Antibes (1)	0,30
		Calanque des Queyrons (2) Marseille	1,04
ETOILES DE MER	<i>Evasterias troschelii</i>	Baie de Bellingham (4) U.S.A.	0,09 H
	<i>Pisaster ochraceus</i>	Baie de Bellingham (4) U.S.A.	0,24 H
	<i>Ophiophalis sp.</i>	430 km au S.-E. de San (5) Diego, Californie, U.S.A. (4 300 m de profondeur)	0,28

TABLEAU V. — Taux de mercure total dans divers échantillons d'Echinodermes. (les concentrations sont exprimées en ppm d'organismes déshydratés ou humides (H). D'après AUGIER *et al.*, 1977 b (1), AUGIER *et al.*, résultats inédits (2), KLEIN *et al.*, 1970 (3), RASMUSSEN *et al.*, 1975 (4), WILLIAMS *et al.*, 1973 (5).

Les moules du port de Port-Cros présentent enfin une concentration en mercure total bien au-dessus de la moyenne si on s'en réfère aux résultats obtenus dans d'autres régions littorales et par différents auteurs (tableau VI).

Genres	Espèces	Auteurs	Lieu de prélèvement	Concentration (ppm)
<i>Mytilus galloprovincialis</i>		CUMONT et al. 1975	Atlantique et Manche (Côtes françaises)	0,01 à 0,22
		CABRIDENC 1974	Moyenne des dosages en — Atlantique — Méditerranée	0,06 0,25
		AUBERT et al. 1969	Au large de Cagnes (Alpes Maritimes) France	2,58
		AUBERT et al. 1974	Baie des Anges (Alpes Maritimes) France	2,58
		AUGIER et al. 1976	Auguette Golfe de Fos France	4,57
		KURLAND et al. 1960	Baie de Chesapeake U.S.A.	5
		MAJORI et al. 1976 II	Golfe de Trieste Italie	0,01 à 0,24 H
		MAJORI et al. 1976 III	Golfe de Trieste Italie	0,02 à 0,21 H
		THIBAUD 1971	Mer du Nord, Manche, Atlantique	0,06 à 0,19 H
<i>Mytilus edulis</i>		READER et al. 1941	Près de Trondheim, Norvège	0,177
		RASMUSSEN et al. 1975	Baie de Bellingham U.S.A.	0,05 à 0,17 H
<i>Mytilus sp.</i>		STOEPLER et al. 1976	Méditerranée	0,022 à 0,080 H

TABLEAU VI. — Taux de mercure total dans divers échantillons de moules (les concentrations sont exprimées en ppm d'organismes déshydratés ou humides (H)).

4. — CONCLUSION

L'étude de divers échantillons d'eau de mer, de sédiments, d'algues et d'animaux benthiques prélevés dans le port de Port-Cros révèle des concentrations en mercure en général plus élevées que celles ordinairement rencontrées dans les régions à l'abri de la pollution ou peu influencée par elle.

Les taux de mercure trouvés chez les différentes espèces végétales et animales ne dépassent cependant pas, en général, la limite de sécurité de 0,5 ppm assez souvent proposée par différents organismes comme l'O.M.S. ou la S.P.P.I. (1). Néanmoins, le comportement de quelques organismes, dont le pouvoir de concentration des composés mercuriques est plus élevé que d'autres, est assez préoccupant. C'est le cas de l'étoile de mer *Echinaster sepositus* et surtout de la moule *Mytilus galloprovincialis* dont la concentration en mercure dépasse 1 ppm pour la première et 2 ppm pour la seconde. Or, la pollution mercurielle du port de Port-Cros 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 mercuriques. Les effluents domestiques doivent certainement jouer un rôle dans cette pollution comme en témoigne le taux de mercure total plus élevé dans l'eau de mer prélevée au niveau du débouché de la canalisation que dans l'échantillon d'eau du port (tableau I, carte 1). Cette opinion est renforcée par les résultats obtenus au Cap d'Antibes, dans un secteur soumis également, en grande partie, à l'influence d'un rejet domestique (AUGIER *et al.* 1977 b). Ces résultats militent d'ailleurs en faveur de l'implantation d'une station d'épuration qui éliminerait non seulement les composés mercuriques des effluents mais également les détergents particulièrement nuisibles sur les organismes marins.

Il est néanmoins difficile d'attribuer la totalité de la responsabilité de la pollution mercurielle du port de Port-Cros aux seuls effluents domestiques dont les quantités rejetées dans le port sont relativement faibles (sauf en été) et à partir desquels il n'a pas été possible d'établir un gradient précis de pollution en ce qui concerne les sédiments et les organismes marins. Les résultats rejoignent d'ailleurs ceux obtenus dans d'autres ports du littoral voisin où la concentration en mercure est toujours élevée même si le port a comme vocation essentielle des activités touristiques et sportives (AUGIER *et al.* 1977 a). Les études menées conjointement dans le port de Porquerolles caractérisé par le fait qu'il ne reçoit plus aucun rejet domestique depuis l'installation d'une station d'épuration sur l'île permettra certainement de faire la part de responsabilité entre les activités portuaires et les rejets domestiques. Dans l'hypothèse où l'activité maritime aurait une part importante de responsabilité, il resterait à déterminer l'origine possible de cette pollution en

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

orientant les investigations sur les rejets liquides et gazeux des embarcations et également peut-être les peintures "antifouling" (souvent à base de mercure) des coques de navire. Il n'est pas exclus aussi que cette concentration en mercure soit favorisée apr le milieu portuaire qui présente des conditions hydrologiques, écologiques et bactériologiques nettement différentes des autres portions du littoral.

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. Océan. Méd.*, 37-37 : 215-231.
- AUBERT M., CHARRA R., MALARA G., 1969. — Etude de la toxicité des produits chimiques vis-à-vis de la chaîne biologique marine. *Rev. Intern. Océanogr Méd.*, 13-14 : 45-72.
- 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). I. 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 nation. 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 au 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 d'Assemblée plén. Comm. Inter. Explor. Sci. Mer Médit., Split* 22-30 octobre 1976 : 2 pp.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1977 a. — L'algue rouge benthique *Ceramium ciliatum* 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 b. — 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).
- CABRIDENC R., 1974. — Pollution par le mercure : Conséquences sur la qualité des aliments issus de la mer. *3^e Colloq. Nat. Hyg. de l'Environ. et des Collectiv., Montpellier*, 25-26 janvier 1974 : 53-66.

- CRANSTON J., BUCKLEY M., 1973. — Mercury pathways in a river and estuary. *Environ. Sci. and technol.*, 6, 3.
- CUMONT G., 1971. — Dosage du mercure par spectrophotométrie d'absorption atomique sans flamme. *Chimie analytique*, 53 (10) : 634-645.
- 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. *World. Neurol.*, 1 : 370-391.
- MAJORI L., NEDOCAN G., MODONUTTI G.-B., CAMPELLO C., 1976 a. — Pollution par métaux lourds dans la mer Adriatique du Nord. Note II. Etude de la distribution de quelques éléments en trace dans le *Mytilus galloprovincialis* Lmk du golfe de Trieste. XXV^e Congrès — Assemblée plén., *Comm. Intern. Explor. Sci. Mer Méditer. Split* 22-30 octobre 1976 : 8 pp.
- MAJORI L., NEDOCAN G., MODONUTTI G.-B., CAMPELLO C., 1976 b. — Pollution par métaux lourds dans la mer Adriatique du Nord. Note III. Le phénomène d'accumulation des métaux dans le *Mytilus galloprovincialis* Lmk et son application comme indicateur de pollution. XXV^e Congrès — Assemblée plén., *Comm. Intern. Explor. Sci. Mer Méditer., Split* 22-30 octobre 1976 : 8 pp.
- RAEDER M.-G., SNEKVIK E., 1941. — Quecksilbergehalt mariner Organismen. *Kongl. Vidensk. Selsk. Vorhandl.*, 13 : 169-172.
- 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., FALCIAL L., 1973. — Mercury concentration in the water, sediments and fauna of an area of the tyrrhenian Coast. *Rev. Intern. Océanogr. Méd.*, 31-32 : 17-47.

- STOCK A., CUCUEL F., 1934. — Die Verbreitung des Quecksilbers. *Naturwissenschaften*, 22 : 390-393.
- STOEPLER M., BACKAUS F., MATTHES W., BERNHARD M., SCHULTE E., 1976. — Mercury in marine organisms of the Mediterranean and other Europeans seas. XXV^e Congrès — Assemblée plén., *Comm. Intern. Explor. Sci. Mer Méditer. Split*, 22-30 octobre 1976 : 3 pp.
- THIBAUD Y., 1974. — Le mercure chez les animaux marins des côtes françaises. *Actes Sympos. Intern. Comm. Communautés Europ., Luxembourg 1974* : 309-316.
- TOKUOMI H., 1969. — Medical aspects of Minamata disease. *Rev. Intern. Océanogr. Med.*, 13-14 : 5-33.
- 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., FULKESON 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.