

**RECHERCHES SUR LA POLLUTION  
MERCURIELLE EN RADE D'HYÈRES  
ET DANS L'ARCHIPEL DES  
STOECHADES**

**(MÉDITERRANÉE, FRANCE)**

**7. - ÉVOLUTION DE LA  
CONTAMINATION DE LA FLORE  
ET DE LA FAUNE MARINES  
BENTHIQUES DE LA BAIE DE  
PORT-CROS DE**

**1976 A 1981 (1)**

H. AUGIER \*, G. GILLES \*\*, M. LEAL NASCIMENTO \*, 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'algues, de phanérogames marines et d'animaux benthiques dans la baie de Port-Cros (Parc National, Méditerranée, France).

Les résultats obtenus montrent que la flore et la faune benthiques de la baie de Port-Cros sont contaminées 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.

(1) Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un stage de D.E.A. d'océanologie de l'Université de Marseille 2, effectué au Laboratoire de Biologie Végétale Marine de la Faculté des Sciences de Marseille-Luminy, par Mademoiselle LEAL NASCIMENTO.

\* Laboratoire de Biologie Végétale marine, Département des Sciences de la Mer de la Terre et de l'Environnement, Faculté des Sciences de Luminy, 13288 Marseille cédex 9.

\*\* Laboratoire vétérinaire, 13259 Marseille cédex 6.

Certaines espèces d'algues et d'Echinodermes concentrent le mercure de 5 jusqu'à 15 fois le taux caractéristique des zones exemptes de pollution.

Les résultats obtenus ont également montré que depuis 1976, la pollution par le mercure dans la baie de Port-Cros a légèrement diminué, ce qui est certainement en rapport avec les mesures d'assainissement et de protection du fond de la baie.

Les recherches sur l'origine de cette pollution n'ont pas permis, pour l'instant de déterminer la part de responsabilités exactes qui revient aux effluents domestiques du village, aux rejets des embarcations à moteur et aux peintures anti-salissures.

*Summary* : The utilization of atomic absorption spectrophotometry without flame, had permitted to determine the rate of mercury in algae, marine phanerogams and benthic animals in Port-Cros bay (National Park, Mediterranean, France).

The results show that flora and fauna of the Port-Cros bay are contaminated by mercury, but the concentrations of this metal are still relatively low if comparing with great agricultural and urban areas.

The concentration of mercury in some kinds of algae and Echinodermata are from 5 to 15 ppm, more than in unpolluted areas.

The results show also that the mercuric pollution has decreased in the Port-Cros bay after 1976. This conclusion must be concerned to the protective measures of the bottom of the bay.

The researches concerning the origin of this pollution have not yet permitted to settle the responsibility of the savage domestic rejections, wastage of the engine boots and the anti-fouling paints.

## INTRODUCTION

Protégée de longue date par ses anciens propriétaires, érigée en Parc National en 1963, située à l'extrémité du plateau continental dans un secteur éloigné des grands centres de pollution urbains et industriels, l'île de Port-Cros constitue une zone de recherche et de référence privilégiée. Malheureusement malgré ces atouts, le Parc National de Port-Cros, lui-même, présente des secteurs dégradés par les activités humaines et notamment la baie de Port-Cros qui souffre en été, d'une surfréquentation touristique et plaisancière notoire (MORETEAU, 1981).

La charge polluante de la baie provient essentiellement des activités portuaires (hydrocarbures, huile, gaz d'échappement, etc.) des rejets par dessus bord des eaux usées et des déchets des bateaux de plaisance et des effluents domestiques du village, collectés récemment, par un réseau de canalisations qui se déverse dans un émissaire à 2,5 m de profondeur sur la face nord-nord-est de la baie. Diverses études ont montré une altération indéniable des qualités physico-chimiques et biologiques des eaux et une dégradation concomitante des éléments les plus sensibles des peuplements benthiques, au premier plan desquels il convient de placer l'herbier et le récif-barrière de posidonies (AUGIER et BOUDOURESQUE 1970, BOUDOURESQUE et

Classe	Genre	Espèce	Caractéristiques des stations			Hg (ppm)
			Numéro de la station	Profondeur (m)	Longueur ou Diamètre (cm)	
CHLOROPHYCEES	<i>Codium bursa</i>		2	— 14	9	0,78
			3	— 4	7	0,11
			4	— 8	3	0,10
			5	— 2,5	5	0,14
			6	— 2	11	0,09
			7	— 2	7	0,03
			8	— 2	8	0,09
			9	— 1,5	6	0,13
			11	— 1	7	0,03
			15	— 0,3	7	0,06
			16	— 0,3	5	0,10
		<i>Codium fragile</i>	14	— 0,4	15	0,09
			15	— 0,3	18	0,10
	PHEOPHYCEES	<i>Dictyota dichotoma</i>		8	— 2	10
			3	— 4	5	0,11
<i>Padina pavonica</i>			4	— 8	4	0,07
			5	— 2,5	5	0,18
<i>Stypocaulon scoparium</i>			6	— 2	7	0,14
			7	— 2	6	0,06
			8	— 2	14	0,11
			9	— 1,5	6	0,13
			11	— 1	7	0,13
			14	— 0,4	7	0,15

TABLEAU I. — Taux de mercure total dans les lyophilisats d'algues benthiques de la baie de Port-Cros. (Les concentrations sont données en ppm de poudre lyophilisée.)

*al.* 1975). Il a également été mis en évidence une pollution par le mercure (AUGIER, GILLES *et al.* 1976 et 1977 a et b), par le cuivre, le plomb et le cadmium et les organochlorés (VICENTE et CHABERT 1981 a et b) qui peut paraître paradoxale pour cette baie si éloignée des sources industrielles et agricoles classiques de pollution.

Il nous a par conséquent paru intéressant de réaliser une nouvelle investigation 6 ans après la première étude, avec la même méthodologie et depuis la construction, en 1980 d'un réseau d'égout qui a supprimé les rejets anciens au fond de la baie (Fig. 1). Ce travail est également une excellente opportunité pour réaliser une sorte de « point zéro » avant la construction d'une station d'épuration actuellement à l'étude et qui permettra, plus tard, de faire le point sur la part exacte des responsabilités qui revient aux rejets du village, d'une part, et aux activités portuaires, d'autre part.

Enfin, cette étude s'intègre dans une suite logique d'investigations et d'approfondissement des connaissances amorcées en 1976 et publiées sous le titre général : « Recherches sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoechades » (AUGIER, GILLES *et al.* 1976, 1977 a et b, 1978 a, b, c, d, e, 1979, 1980 a).

## MATERIEL ET METHODES

L'étude est basée sur l'utilisation d'indicateurs biologiques de pollution (flore et faune), méthode qui a fait l'objet de publications antérieures (AUGIER, GILLES *et al.* 1977 c et d), et dont les avantages ont été développés à l'occasion du colloque de Palma de la « International Association on Water Pollution Research » (AUGIER, GILLES *et al.* 1980 b).

La relative abondance et la large répartition de ces espèces test permet, par ailleurs, non seulement de comparer entr'elles diverses régions du littoral méditerranéen, mais également d'avoir une vision suffisamment détaillée d'un secteur, même à l'échelle pourtant restreinte d'une baie, comme celle de Port-Cros.

Les méthodes de collecte et de préparation des échantillons, de même que les techniques de minéralisation, d'identification et de dosage du mercure par spectrophotométrie d'absorption atomique, sans flamme, ont fait l'objet de développements antérieurs auxquels les lecteurs voudront bien se reporter (AUGIER, 1970, AUGIER, GILLES *et al.*, 1977 a, 1978 b, e, 1980 b).

L'emplacement des stations de prélèvement figure sur une carte de la baie de Port-Cros (Fig. 1). Tous les prélèvements ont été effectués les 9 et 10 septembre 1981.

## RESULTATS

Les résultats obtenus ont été portés dans les tableaux I (algues), II (phanérogames marines), III (Echinides), IV (Astérides), V (Holothurides), VI (Mollusques, Crustacés, Tuniciers).

Genre	Espèce	Caractéristiques des stations			Mercure (ppm)	
		Numéro de la station	Profondeur (m)	Longueur des feuilles (cm)	F	R
<i>Cymodocea</i>	<i>nodosa</i>	16	— 0,3	17	0,08	< 0,03
<i>Zostera</i>	<i>noltii</i>	12	— 1,5	30	0,13	0,10
		15	— 0,3	15	0,05	0,15
<i>Posidonia</i>	<i>oceanica</i>	1	— 12	35	0,06	0,07
		2	— 14	30	0,07	0,11
		3	— 4	30	0,07	0,08
		4	— 8	30	0,08	0,08
		5	— 2,5	20	0,09	0,11
		13	— 25	30	0,04	0,06

TABLEAU II. — Taux de mercure total dans les lyophilisats des feuilles (F) et des rhizomes (R) de phanérogames marines en baie de Port-Cros (les concentrations sont données en ppm de poudre lyophilisée.)

Genre	espèce	Caractéristiques des stations			Hg (ppm)		
		Numéro de la station	Profondeur (m)	Longueur (cm)			
<i>Holothuria</i>	<i>forskali</i>	1	— 12	14	0,05		
		2	— 14	14	0,13		
		3	— 4	10	0,10		
		4	— 8	10	0,21		
		5	— 2,5	15	0,15		
		6	— 2	18	0,24		
		7	— 2	12	0,24		
		8	— 2	16	0,32		
		9	— 1,5	17	0,17		
		11	— 1	25	0,36		
		14	— 1,5	17	0,04		
		16	— 0,3	13	0,13		
		<i>Holothuria</i>	<i>tubulosa</i>	2	— 14	19,5	0,11
				3	— 4	12	0,12
13	— 25			15	0,8		

TABLEAU III. — Taux de mercure total dans les lyophilisats des divers *Holothurides* de la baie de Port-Cros (les concentrations sont données en ppm de poudre lyophilisée.)

Genre	Espèce	Caractéristiques des stations			Hg (ppm)
		Numéro de la station	Profondeur (m)	Diamètre (cm)	
<i>Paracentrotus lividus</i>		1	— 12	3,5	0,04
		2	— 14	5	0,07
		3	— 4	4	0,07
		5	— 2,5	4	0,07
		6	— 2	4,5	0,24
		7	— 2	4,5	0,18
		8	— 2	3	0,05
		9	— 1,5	5,5	0,03
	<i>Sphaerechinus granularis</i>		2	— 14	7
		13	— 25	6	0,03

TABLEAU IV. — Taux de mercure total dans les lyophilisats des diverses Echinides de la baie de Port-Cros (les concentrations sont données en ppm de poudre lyophilisée.)

Genre	Espèce	Caractéristiques des stations			Hg (ppm)	
		Numéro de la station	Profondeur (m)	Diamètre (cm)		
<i>Echinaster sepositus</i>		1	— 12	6	0,75	
		3	— 4	7	0,63	
		4	— 8	8	0,62	
		6	— 2	9,5	0,75	
		7	— 2	9	0,54	
		8	— 2	10	0,43	
		9	— 1,5	8	0,45	
	<i>Marthasterias glacialis</i>		8	— 2	13	0,46
			9	— 1,5	17,5	0,21
<i>Coscinasterias tenuispina</i>		6	— 2	7	0,15	
<i>Astropecten aurentiacus</i>		13	— 25	22	0,08	

TABLEAU V. — Taux de mercure total dans les lyophilisats des divers Astérides de la baie de Port-Cros (les concentrations sont données en ppm de poudre lyophilisée.)

Genre	Espèce	Caractéristiques des stations			Hg (ppm)
		Numéro de la station	Profondeur (m)	Longueur ou Diamètre (cm)	
	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	14	— 0,3	44	0,16
	<i>Eriphia spirufera</i>	8	— 2	5	0,42
	<i>Halocynthia papillosa</i>	1	— 12	8	0,08
		2	— 14	10	0,05
	<i>Phallusia mammilata</i>	4	— 8	7	0,06
		6	— 2	8,5	0,47
		13	— 4	6,5	0,07

TABLEAU VI. — Taux de mercure total dans les lyophilisats des divers autres animaux benthiques de la baie de Port-Cros (les concentrations sont données en ppm de poudre lyophilisée.)

Groupe	Genre	espèce	Hg (ppm)	
			* BPC	** ZRNP
Algues		<i>Codium bursa</i>	0,16	0,03
		<i>Codium fragile</i>	0,11	0,03
		<i>Dictyota dichotoma</i>	0,23	0,04
		<i>Padina pavonica</i>	0,58	0,04
		<i>Stypocaulon scoparium</i>	0,10 à 0,20	0,03
Phanérogames marines		<i>Zostera noltii</i> F	0,09	—
		<i>Zostera noltii</i> R + r	0,17	—
		<i>Cymodocea nodosa</i> F	0,10	—
		<i>Cymodocea nodosa</i> R	0,15	—
		<i>Posidonia oceanica</i> F	0,07 à 0,20	0,05 à 0,09
		<i>Posidonia oceanica</i> R	0,12 à 0,22	0,05 à 0,12
Animaux		<i>Paracentrotus lividus</i>	0,05 à 0,17	0,02
		<i>Holothuria forskali</i>	0,22 à 0,48	0,04
		<i>Echinaster sepositus</i>	0,93 à 1,62	0,10
		<i>Mytilus galloprovincialis</i>	2,61	0,07

TABLEAU VII. — Taux de mercure total dans les lyophilisats de divers organismes benthiques de la baie de Port-Cros, analysés en 1976-77 (BPC) et de différentes zones de référence supposées non polluées (ZRNP) du Parc National de Port-Cros (\* = d'après AUGIER, GILLES *et al.*, 1976 et 1977 a, \*\* = résultats inédits, F = feuilles, R = rhizomes, r = racines).

## DISCUSSION

### 1. Etat de la pollution

Selon l'espèce et la station de récolte, les concentrations en mercure total des organismes de la baie de Port-Cros varient de 0,04 à 0,13 ppm dans les feuilles et 0,03 à 0,15 ppm dans les rhizomes, chez les phanérogames marines, 0,03 à 0,28 ppm dans le thalle des algues et de 0,03 à 0,80 ppm chez les animaux (tableaux I à VI).

Par comparaison avec les valeurs obtenues chez les mêmes espèces prélevées dans des zones différentes, supposées non polluées, du Parc National de Port-Cros (tableau VII), il est indéniable que la flore et la faune benthique de cette baie sont contaminées par le mercure. L'écart entre la valeur la plus faible caractéristique des zones exemptes de pollution de l'île et la valeur la plus élevée enregistrée dans l'anse de Port-Cros est suffisamment significatif dans de nombreux cas, notamment chez *Stypocaulon scoparium* (0,03 et 0,18 ppm), *Codium bursa* (0,03 et 0,78 ppm), *Paracentrotus lividus* (0,02 et 0,24 ppm), *Holothuria forskali* (0,04 et 0,36 ppm), *Sphaerechinus granularis* (0,03 et 0,16 ppm), *Marthasterias glacialis* (0,03 et 0,46 ppm) et *Echinaster sepositus* (0,10 et 0,75 ppm).

Bien qu'indéniable, cette pollution reste cependant relativement faible si on la compare à celle des grands secteurs de pollution comme le golfe de Fos ou la région de Marseille (AUGIER, GILLES *et al.*, 1976 b, 1978 b, c et d) et également moins élevée que celle du port de l'île voisine de Porquerolles (AUGIER, GILLES *et al.*, 1978 a) et que celle aussi d'autres régions polluées, comme, par exemple, l'embouchure du Rhône (THIBAUD, 1974), en Toscane, en Italie (RENZONI, 1976) et la baie de Belingham aux U.S.A. (FRASER *et al.*, 1975).

### 2. Evolution depuis 1976

Si l'on compare maintenant les résultats obtenus dans ce travail avec ceux des années 1976 et 1977 (tableaux I à VII), il apparaît nettement que la pollution n'a pas augmenté depuis cette époque. Chez certaines espèces comme *Codium bursa*, *Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceanica*, *Holothuria forskali*, *Echinaster sepositus* et *Mytilus galloprovincialis*, la contamination mercurielle semble même avoir diminué. Cela doit être considéré comme un constat d'ordre général, qui marque une tendance, car les stations de prélèvement n'ont pas toujours le même emplacement et pour quelques-unes d'entr'elles, la période de récolte ne coïncide pas.

Cette tendance à une légère diminution de la pollution mercurielle apparaît plus marquée au niveau de la lagune où les rejets d'eaux usées ont été supprimés et l'accès des bateaux interdit depuis plus de deux ans. La contamination mercurielle reste cependant encore relativement élevée au niveau de la zone portuaire et de la zone d'amarrage des bateaux ainsi qu'au voisinage du rejet des eaux usées du village.



### 3. Hypothèses sur l'origine de la pollution et ses conséquences

La pollution par le mercure de la baie 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 contamination mercurielle.

Il n'est pas possible, pour l'instant, de déterminer l'origine exacte du mercure ; cependant, les taux relativement élevés enregistrés dans les organismes de la zone portuaire laissent supposer que les activités du port portent certainement une part importante de responsabilité. Cette idée est confortée par les résultats obtenus au port de Porquerolles où les rejets d'eaux usées du village ont été détournés sur une station d'épuration (AUGIER, GILLES *et al.*, 1978). Néanmoins l'hypothèse du rôle contaminateur des gaz d'échappement des moteurs des embarcations ou des peintures anti-salissures des coques des bateaux reste à vérifier.

Il n'est pas facile, par ailleurs, de calculer les incidences précises de la pollution par le mercure sur les organismes de la baie de Port-Cros ; on peut néanmoins réaliser une estimation des risques encourus en se référant aux essais d'intoxication réalisés *in vitro*.

Les algues du phytoplancton paraissent assez sensibles aux composés mercuriques qui provoquent généralement une diminution ou un arrêt de la croissance et de la photosynthèse (BEN BASSAT *et al.*, 1972 ; DAVIES, 1974 ; DELCOURT *et al.*, 1974 ; FESTY, 1973 ; HANNAN *et al.*, 1972 ; HARRIS *et al.*, 1970 ; HOLDERNESS *et al.*, 1975 ; NUZZI, 1972, etc.). C'est également la croissance qui est la plus affectée chez les algues du phytobenthos (BONEY, 1971 ; BONEY, CORNER *et al.*, 1959 ; HOLDERNESS *et al.*, 1975), mais également la viabilité des spores (BONEY, CORNER *et al.*, 1959) et les métabolismes, notamment la synthèse des lipides (MATSON *et al.*, 1972).

Les doses toxiques dépendent de la sensibilité propre à chaque espèce et de la nature des composés mercuriques (les composés organiques, à concentration égale, étant en général plus toxiques, que les composés minéraux) ; ainsi, par exemple, les DL50 sont obtenues sur la Rodophycée *Plumaria elegans* avec 13 ppb de chlorure de propyl mercure, 44 ppb de chlorure de méthyl mercure et 3120 ppb de chlorure mercurique (BONEY, CORNER *et al.*, 1959) ; autre exemple : 0,01 ppb de méthyl-mercure affecte déjà la croissance de *Nitzschia delicatissimum* (HARRIS, WHITE *et al.*, 1970), tandis que 3,5 ppm de chlorure de mercure sont nécessaires pour perturber la photosynthèse d'*Ankistrodesmus braunii* (MATSON *et al.*, 1972).

L'effet toxique du mercure a également été mis en évidence sur les animaux chez lesquels il perturbe la croissance et provoque souvent des nécroses et des disfonctionnements du foie, des reins, du système nerveux et des intestins (BLACKSTROM, 1967 ; BOETIUS, 1960 ; BOND *et al.*, 1954 ; ESTABLIER *et al.*, 1978 ; FESTY, 1973 ; GUTIERREZ *et al.*, 1978 ; HOFFMANN, 1950 ; IRUKAYAMA, 1962, etc.).

On a noté également, dans certains cas, une attaque des branchies comme par exemple chez le Mollusque *Cerastoderma glaucum* (ESCOUBET et VICENTE, 1979) et l'anguille *Anguilla anguilla* (BOUQUE-GNEAU, 1973), des troubles de l'équilibre chez de nombreux poissons et une diminution du nombre d'œufs et des probabilités de leur éclosion (FESTY, 1973) et une atteinte des ovocytes (ESCOUBET et VICENTE, 1979). La DL 50 est atteinte avec des concentrations très variables qui dépendent de la nature du composé et de l'espèce considérée ; par exemple, chez les Crustacés les concentrations provoquant la mort de 50 % des populations s'échelonnent de 0,1 à 200 ppm (BARNES et STANBURY, 1948 ; CLARKE, 1947 ; CORNER et RIGLER, 1958 ; CORNER et SPARROW, 1956, 1957).

### BIBLIOGRAPHIE

- AUGIER H., 1970. — La lyophilisation, son utilisation en phycologie. *Bull. Mus. Hist. nat., Marseille*, 30 : 229-251.
- AUGIER H., BOUDOURESQUE C.F., 1970. — Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). VI. — Le récif-barrière de posidonies. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 30 : 221-228.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1976. — 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 nation. Port-Cros*, 2 : 23-28.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1977 a. — Recherches sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoechades (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. — Recherches sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoechades (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 H., GILLES G., RAMONDA G., 1977 c. — 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 d. — Utilisation de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* Delile pour mesurer le degré de contamination mercurielle des eaux littorales méditerranéennes. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 285 : 1557-1560.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1978 a. — Recherche sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoechades (Méditerranée, France). 4 : Le port de Porquerolles. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 4, 237-269.

- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1978 b. — Recherches sur la pollution mercurielle du milieu maritime dans la région de Marseille (Méditerranée, France). 1 : Degré de contamination par le mercure de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* Delile à proximité du complexe portuaire et dans la zone de rejet du grand collecteur d'égout de la ville de Marseille. *Environ. Pollut.*, 17 : 269-285.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1978 c. — Recherches sur la pollution mercurielle du milieu maritime dans la région de Marseille (Méditerranée, France). 2 : Degré de contamination par le mercure de l'algue verte *Codium fragile* (Sur.) Hariot dans les secteurs dégradés de l'herbier de posidonies à proximité des ports et du rejet du grand collecteur d'égout de la ville de Marseille. *IV<sup>es</sup> Journées Etud. Pollutions, Antalya, Comm. Intern. Etud. Sci. Méditerranée* : 203-205.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1978 d. — Recherches sur la pollution mercurielle du milieu maritime dans la région de Marseille (Méditerranée, France). 3 : Degré de contamination par le mercure des Echinodermes prélevés dans l'herbier de posidonies à proximité des ports et du rejet du grand collecteur d'égout de la ville de Marseille. *Environ. Pollut., G.B.*, 18, 3 : 179-186.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1978 e. — Recherches sur la pollution mercurielle dans le golfe de Fos (Méditerranée, France). Degré de contamination par le mercure des phanérogames marines *Posidonia oceanica* Delile, *Zostera noltii*, Horneman et *Zostera marina* L., *Rev. intern. Océanogr. méd.*, LI-LII : 215-231.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1979. — Recherches sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoechades (Méditerranée, France). 5. Degré de contamination par le mercure des organismes benthiques des gorges du Loup, au voisinage du rejet en mer de la station d'épuration de l'île de Porquerolles. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 5 : 125-140.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1980 a. — Recherches sur la pollution mercurielle en rade d'Hyères et dans l'archipel des Stoechades (Méditerranée, France). 6. Teneur en mercure de la flore et de la faune marines benthiques de la crique de la Licastre. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 6 : 133-145.
- AUGIER H., GILLES G., RAMONDA G., 1980 b. — Première estimation de la pollution mercurielle du littoral méditerranéen français (Provence-Côte d'Azur) par l'étude du degré de contamination des sédiments et des organismes benthiques. *Prog. Wat. Techn.*, 12 (1) : 97-108.
- BACKSTROM J., 1967. — Distribution of mercury compounds in fish acid binds. *Oikos*, suppl. 9 : 30-31.
- BARNES H., STANBURY F., 1948. — The toxic action of copper and mercury salts both separately and when mixed on the harpacticoid copepod *Nitocra spinipes* (Boeck). *J. Exp. Biol.*, 25 : 270-275.
- BEN BASSAT D., SHELEF D., GRUNER N., SHUVAL H., 1972. — Growth of *Chlamydomonas* in a medium containing mercury. *Nature*, 240 : 43-44.
- BOETIUS J., 1960. — Lethal action of mercuric chloride and phenylmercuric acetate on fishes. *Meddr. Daum. Og. Havunders.*, 3 (4) : 93-115.
- BOND H., NOLAND N., 1954. — Results of laboratory screenings tests of chemical compounds for molluscicidal activity 2. Compounds of mercury. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 3 : 187-190.
- BONEY A., 1971. — Sub-lethal effects of mercury on marine algae. *Mar. Pollut. Bull.*, 2 (5) : 69-71.

- BONEY A., CORNER E., SPARROW B., 1959. — The effects of various poisons on the growth and viability of sporelings of the red alga *Plumaria elegans* (Bonnem) Schm. *Biochem. Pharmac.*, 2 : 37-49.
- BOUDOURESQUE C.F., AUGIER H., BELSHER Th., COPEJANS G., PERRET M., 1975. — Végétation marine de l'île de Port-Cros. X. La régression du récif barrière de Posidonies. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 1 : 41-46.
- BOUQUEGNEAU J., 1973. — Etude de l'intoxication par le mercure d'un poisson téléostéen *Anguilla anguilla*. I. — Accumulation du mercure dans les organes. *Bull. Soc. Roy. Sci. Liège*, 1 (9-10) : 440-446.
- CLARKE G., 1947. — Poisoning and recovery in barnacles and mussels. *Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole*, 92 (1) : 73-91.
- CORNER E., RIGLER F., 1958. — The mode of action of toxic agents. 3. — Mercuric chloride and N-nylmercuric chloride on Crustaceans. *J. mar. Biol. Ass. U.K.*, 37 : 85-96.
- CORNER E., SPARROW B., 1956. — The mode of action of toxic agents. 1. Observations on the poisoning of certain Crustaceans by copper and mercury. *J. mar. Biol. Ass. U.K.*, 35 : 531-548.
- CORNER S., SPARROW B., 1957. — The mode of action of toxic agents. 2. Factors influencing the toxicities of mercury compounds to certain Crustaceans. *J. mar. Biol. Ass. U.K.*, 36 : 459-472.
- DAVIES A., 1974. — The growth Kinetics of *Isochrysis galbana* in cultures containing sublethal concentrations of mercuric chloride. *J. mar. Biol. Ass. U.K.*, 54 : 157-169.
- DEL COURT A., VAIDEHI B., MESTRE J., 1974. — Les effets toxiques de quelques dérivés mercuriels sur les algues d'eau douce et sur les méristèmes d'ail, *Allium sativum* cultivés en milieu liquide, application au problème de la pollution des eaux, *J. Franc. Hydrol.*, 15 : 47-53.
- ESCOUBET P., VICENTE N., 1979. — Effets de la contamination de *Cerastoderma glaucum* Poirret (Mollusque bivalve) par un sel de mercure. *Vie Marine*, 1 : 18-23.
- ESTABLIER R., GUTIERREZ M., ARIAS A., 1978. — Accumulation y efectos histopatológicos del mercurio inorganico y organico en la lisa (*Mugil auratus* Risso) *Inv. Pesq.*, 42 (1) : 65-80.
- FESTY B., 1973. — Données actuelles sur les utilisations et la toxicité du mercure. *T.S.M., eau*, 68 (4) : 161-171.
- FRASER RASMUSSEN L., WILLIAMS Don C., 1975. — The occurrence and distribution of mercury in marine organisms in Bellingham Bay. *Northwest Science*, 49 (2) : 302-318.
- GUTIERREZ M., ESTABLIER R., ARIAS A., 1978. — Acumulacion y efectos histopatológicos del cadmio y del mercurio en el sapo (*Halobatrachus didactylus*). *Inv. Pesq.*, 42 (1) : 141-154.
- HANNAN P., PATOUILLET C., 1972. — Effect of mercury on algal growth rates. *Biotechn. Bioengin.*, 14 : 93-101.
- HARRIS R., WHITE D., MACFARLANE R., 1970. — Mercury compounds reduce photosynthesis by plankton. *Science*, 170 : 736-737.
- HOFFMANN C., 1950. — Beiträge zur Kenntnis der Wirkung von Giltten auf marine Organismen. *Kieler Meeresforsch.*, 7 : 38-52.
- HOLDERNESS J., FENWICK M., LYNCH D., 1975. — The effect of methyl mercury on the growth of the green alga *Coelastrum microporum* Naeg. strain 280. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 13 (3) : 348-350.

- IRUKAYAMA K., 1962. — Studies on the origin of the causative agent of Minamata disease. 2. Comparison of the mercury compound in the shellfish from Minamata bay with mercury compounds experimentally accumulated in normal shellfish. *Kumamoto med. J.*, 15 : 1-12.
- LEAL NASCIMENTO M., 1982. — Contribution à l'étude de la contamination par le mercure des organismes benthiques de la baie de Port-Cros (Parc National, Méditerranée, France) en période estivale de surfréquentation touristique et plaisancière. *Rapp. D.E.A. Océanologie, Université d'Aix-Marseille* 2 : 33 p.
- MALAIYANDI M., BARRETTE J.-P., 1970. — Comm. Priv. Can. Dep. of Org. Cent. Exp. Farm., Ottawa : 4 p.
- MATSON R., MUSTOE G., CHANG S., 1972. — Mercury inhibition on lipid biosynthesis in freshwater algae. *Environ. Sci. Techn.*, 6 (2) : 158-160.
- MORETEAU J.-C., 1981. — La navigation de plaisance dans le Parc national de Port-Cros. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 7 : 11-24.
- NUZZI R., 1972. — Toxicity of mercury to phytoplankton. *Nature*, 237 : 38-40.
- RENZONI A., 1976. — A case of mercure abatement along the Tuscan coast. *III<sup>es</sup> journées Etud. Pollutions. split. C.I.E.S.M.* : 95-97.
- THIBAUD Y., 1974. — Le mercure chez les animaux marins des côtes françaises. *Actes Sympos. Inter-Commission des Communautés Européennes Luxembourg* : 309-316.
- VICENTE N., CHABERT D., 1981 a. — La pollution par les métaux lourds dans les rades du Parc national de Port-Cros. I : Etude préliminaire. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 7 : 25-34.
- VICENTE N., CHABERT D., 1981 b. — Pollution par les composés organochlorés dans les rades du Parc National de Port-Cros. I : Etude préliminaire. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 7 : 35-44.

Accepté le

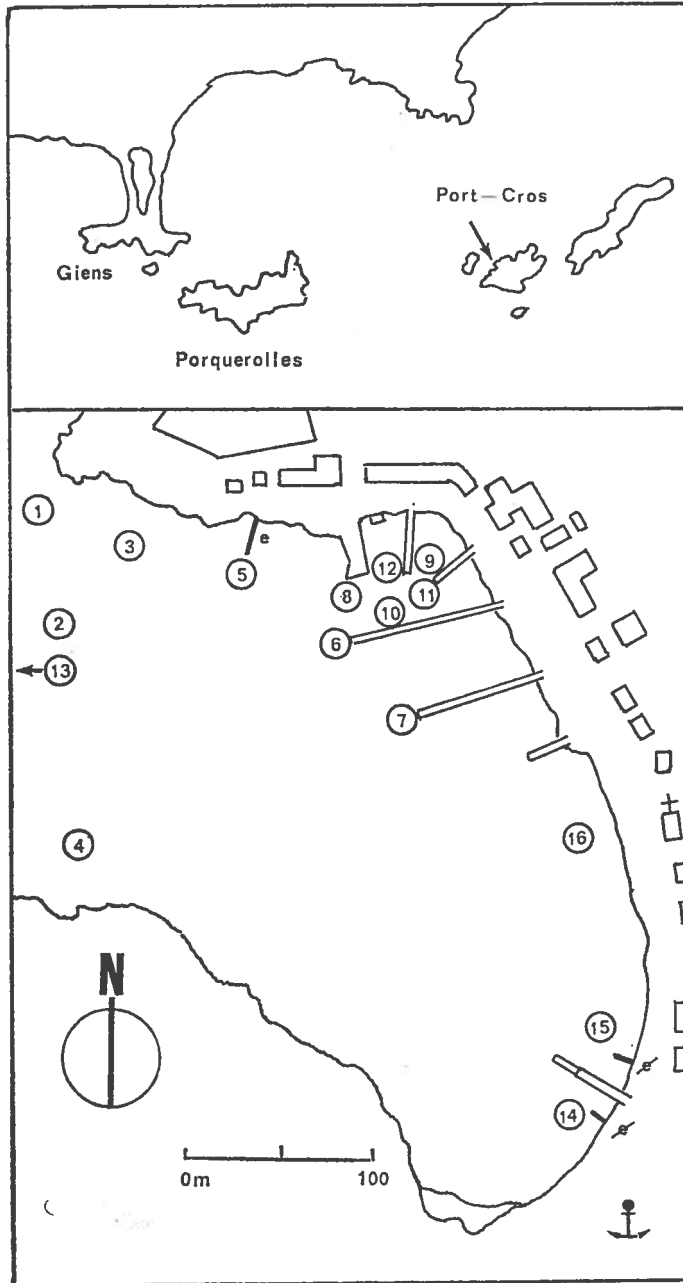


Fig. 1. — Carte des stations de prélèvement en baie de Port-Cros (en raison de leur éloignement, la station 13 de référence correspondant au coffre de la Marine nationale, et la station 2, à la sortie de la baie, n'ont pas été figurées à leur emplacement réel. e = égout actuel; e barré = égouts supprimés).