



Programme des Nations Unies pour l'environnement



Distr.
RESTREINTE

UNEP/WG.118/5
24 janvier 1985

FRANCAIS
Original: ANGLAIS ✓

Troisième réunion du groupe de travail
de la coopération scientifique et technique
pour le MED POL

Athènes, 27-31 mai 1985



Programme à long-terme de surveillance continue et de recherche
en Méditerranée (MED POL - PHASE II)

EVALUATION DE LA POLLUTION MERCURIELLE EN MER MEDITERRANEE
ET MESURES DE LUTTE PROPOSEES

Déjà paru sous la cote UNEP/WG.91/5

En coopération avec:



ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE
ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE

S O M M A I R E

Paragraphe

INTRODUCTION	1
EVALUATION DU MERCURE PRESENT DANS LA MER MEDITERRANEE	9
Introduction	9
Sources et apports de mercure dans la Méditerranée	12
Destin du mercure dans l'environnement	21
Niveaux de mercure présents dans la Méditerranée	29
Effets du mercure pour la santé	71
Récapitulation	77
LUTTE CONTRE LA POLLUTION PAR LE MERCURE DES PRODUITS HALIEUTIQUES DE LA MEDITERRANEE	81
Production et consommation de poisson	81
Dispositions législatives nationales et accords internationaux pertinents	86
Justification scientifique de l'adoption de critères régionaux pour la qualité de l'environnement applicables au mercure	92
Critères proposés pour la qualité de l'environnement applicables au mercure présent dans les produits de la mer Méditerranée	109
MESURES RECOMMANDEES A L'ADOPTION DES PARTIES CONTRACTANTES	112
REFERENCES	

INTRODUCTION

1. L'un des principaux objectifs du programme coordonné de surveillance et de recherche sur la pollution dans la Méditerranée (MED POL - Phase I), qui a été lancé en 1975 à la suite de son adoption par les Etats riverains de la région en tant que composante scientifique du Plan d'action pour la Méditerranée, lors de la réunion intergouvernementale sur la protection de la Méditerranée (Barcelone, 28 janvier - 4 février 1975), consistait à compiler le plus grand nombre possible de données relatives à la qualité de l'environnement marin méditerranéen. Dans ce contexte, le projet pilote sur les études de base et la surveillance continue de la présence des métaux (notamment le mercure et le cadmium, dans les organismes marins) (MED II), coordonné conjointement par la FAO et le PNUE et exécuté en 1975 et 1980, était destiné à entreprendre sur une base régionale des recherches sur les concentrations de ces métaux présentes dans certains organismes marins. L'évaluation subséquente des données recueillies visait en outre à servir de fondement à la formulation de certains critères sur la qualité de l'environnement, applicables à la mer Méditerranée.

2. En vertu de ce principe général, la réunion intergouvernementale des Etats riverains de la Méditerranée et la première réunion des Parties Contractantes à la convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution et aux protocoles y relatifs (Genève, 5-10 février 1979), recommandait (PNUE, 1979) que :

"Il faudrait poursuivre les travaux concernant l'élaboration des fondements scientifiques des critères applicables à la qualité des eaux balnéaires, des zones d'élevage de fruits de mer, des eaux destinées à l'aquaculture et des aliments d'origine marine. A partir de ces fondements scientifiques et compte tenu des dispositions nationales et des arrangements et accords internationaux en vigueur, on définirait des critères en termes scientifiques et on les soumettrait pour examen aux gouvernements et à la Communauté économique européenne".

3. En outre, le protocole relatif à la protection de la mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique, adopté à la Conférence de plénipotentiaires des Etats côtiers de la région méditerranéenne sur la protection de la mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique (Athènes, 12 - 17 mai 1980), stipule (PNUE, 1980) que :

"1. Les Parties élaborent et adoptent progressivement, en collaboration avec les organisations internationales compétentes, des lignes directrices et, le cas échéant, des normes ou critères communs concernant notamment :

.....
 (c) La qualité des eaux de mer utilisées à des fins particulières, nécessaire pour la protection de la santé humaine, des ressources biologiques et des écosystèmes;

"2. Sans préjudice des dispositions de l'article 5 du présent Protocole, ces lignes directrices, normes ou critères communs tiennent compte des caractéristiques locales écologiques, géographiques et

physiques, de la capacité économique des Parties et de leur besoin de développement, du niveau de la pollution existante et de la capacité réelle d'absorption du milieu marin".

4. Le Bureau des Parties Contractantes ayant également examiné la question lors de sa première réunion, tenue à Genève les 26 et 27 juin 1979, a vivement recommandé au Secrétariat d'élaborer des critères de qualité de l'environnement applicables aux eaux balnéaires et au mercure présent dans les fruits de mer. A la suite de cette recommandation, des consultations entre les Institutions spécialisées des Nations Unies ont été organisées en novembre/décembre 1979, sur l'élaboration et la mise en oeuvre d'un programme de coopération relatif aux aspects sanitaire liés aux niveaux de mercure présent dans des organismes marins comestibles. Le problème du mercure a également fait l'objet d'une étude exhaustive par l'OMS, lors d'une réunion de consultation, chargée de réexaminer les critères de salubrité de l'environnement pour le mercure, tenue à Genève du 21 au 25 avril 1980 (OMS, 1980). La réunion PNUE/FAO/OMS d'experts des critères de qualité de l'environnement applicables au mercure dans les fruits de mer méditerranéens, tenue à Genève du 3 au 8 novembre 1980 (PNUE, 1980), a été organisée en particulier pour évaluer les risques associés à l'ingestion par les populations de la région méditerranéenne de mercure présent dans les fruits de mer et d'élaborer des recommandations sur les critères souhaitables en matière de qualité de l'environnement, pour le mercure présent dans les produits de la Méditerranée. Le détail des conclusions et des recommandations de ces réunions est reproduit dans les sections pertinentes du présent document.

5. Au cours de la Phase I du projet MED POL, des critères provisoires pour la qualité de l'environnement, concernant un certain nombre de paramètres y compris la présence de mercure dans les fruits de mer comestibles, ont été proposés à titre provisoire (PNUE, 1981), tant que des données plus complètes n'auront pas été acquises sur les concentrations de mercure dans les fruits de mer et, ce qui importe peut-être davantage, en attendant les résultats des études épidémiologiques visant à établir une corrélation entre la qualité des fruits de mer et leurs effets sur la santé.

6. Dans ce contexte, la deuxième réunion des parties contractantes, tenue à Cannes du 2 au 7 mars 1981, a approuvé le programme à long terme de surveillance continue et de recherche sur la pollution (MED POL - Phase II), y compris, parmi les thèmes d'étude et de recherche : "Etudes épidémiologiques relatives à la confirmation (révision éventuelle) des critères de qualité de l'environnement (normes d'usage) proposés pour les eaux servant à la baignade, les eaux destinées à l'élevage des crustacés, des mollusques et d'autres organismes marins comestibles" ainsi que le "cycle biochimique de certains polluants intéressant particulièrement la santé humaine" (y compris le mercure) et "mise au point de méthodes d'échantillonnage et d'analyse pour la surveillance continue des sources et des niveaux de polluants" (PNUE, 1981).

7. Dans le cadre de ces activités et comme suite naturelle des travaux antérieurs - y compris les résultats et les recommandations des différentes réunions d'experts sus-mentionnées - l'OMS, en collaboration avec la FAO et le PNUE, ont élaboré un projet sur "Methylmercury in Mediterranean populations and related health hazards" (le méthylmercure et les risques pour la santé y relatifs parmi les populations méditerranéennes) dans le cadre de l'activité pertinente, au titre de la composante "recherche" de MED POL - Phase II. La dernière main a été mise à ce projet lors d'une réunion de consultation tenue

à Athènes du 13 au 17 septembre 1982 (OMS/PNUE, 1982) et son activité opérationnelle initiale est en train de débiter.

8. Le présent document a pour objet de réaliser une évaluation préalable de la présence de mercure dans la mer Méditerranée, sur la base des résultats obtenus au cours de MED POL II, de décrire dans leurs grandes lignes les motifs scientifiques du choix des critères applicables au mercure présent dans les fruits de mer méditerranéens, sur la base des informations les plus récentes dont on dispose en général, et plus particulièrement dans la région, et de proposer des mesures, pour adoption par les Parties Contractantes lors de leur prochaine réunion.

EVALUATION DU MERCURE PRESENT DANS LA MER MEDITERRANEE

Introduction

9. Les recherches réalisées au début des années soixante-dix dans la région méditerranéenne ont mis en évidence des concentrations anormalement élevées de mercure dans les espèces de poissons telles que les thonidés (Thibaud, 1971; Cumont et al., 1972). L'opinion publique ayant fait montre d'une préoccupation croissante, il a été attribué à ce métal une priorité élevée dans le cadre de la phase pilote de MED POL. En fait, les activités réalisées au cours du projet pilote MED POL II (Baseline studies and monitoring of metals, particularly mercury and cadmium, in marine organisms) (Etudes sur les lignes de base et surveillance continue des métaux, en particulier le mercure et le cadmium, présents dans les organismes marins) coordonnées conjointement par la FAO et le PNUE ont, pour une large part, été consacrées au mercure.

10. Au cours de ce projet pilote (1975 - 1981), une quantité considérable de données relatives aux niveaux de mercure présents dans les chairs de différentes espèces de poissons, de mollusques et de crustacés ont été compilées.

11. L'évaluation actuelle des niveaux de mercure présents dans la mer Méditerranée est pour l'essentiel fondée sur ces données, ainsi que sur d'autres renseignements fournis à l'occasion d'ateliers CIESM/PNUE sur la pollution en Méditerranée et reproduits dans d'autres publications scientifiques.

Sources et apports de mercure dans la Méditerranée

12. Le mercure est un élément constitutif naturel de la croûte terrestre continentale et océanique. Il est présent en concentrations relativement élevées dans les minerais de sulfure de zinc et de cuivre, dans les argiles riches en matières organiques, dans les phosphorites et le charbon (Fleischer, 1973). Le mercure pénètre dans l'environnement marin par les fleuves à la suite de la dégradation des continents et dans l'atmosphère après émissions de gaz telluriques (Gavis et Ferguson, 1972; Groupe de travail sur la présence de mercure dans le poisson, 1979).

13. L'extraction minière et les activités industrielles ont accru de façon notable l'apport de mercure dans l'environnement marin. Le mercure est largement employé dans les processus industriels et notamment la production de chlore et de soude caustique par électrolyse dans les usines de fabrication du chlore et de la soude, la production de matériel électrique, de peintures et de papier (Gavis et Ferguson, 1972; Peakall et Lovett, 1972).

14. Le bassin méditerranéen est une zone riche en dépôts mercuriels. On trouve des dépôts de cinabre (HgS) et de mercure métallique en Algérie, en Espagne, en Italie, en Turquie et en Yougoslavie (Figure 1). Les sites d'extraction minière actifs de la Méditerranée représentent environ 50% de la production mondiale (Gavis et Ferguson, 1972; Renzoni et al., 1978).

15. Compte tenu de la géologie particulière inhérente au mercure dans la région, la question des sources de mercure anthropogéniques, opposées aux sources naturelles, devient très complexe dans le bassin méditerranéen. Outre les activités industrielles et l'extraction minière, le flux de mercure en provenance des roches du lit des fleuves s'écoulant dans l'eau et dans l'air a été influencé par tous les processus qui affectent l'érosion et les régimes hydrologiques. De la sorte, les cultures pré-industrielles ont sans doute eu également leur influence sur l'écoulement du mercure de la terre à la mer.

16. Le projet commun CEE/ONUDI/FAO/UNESCO/OMS/AIEA/PNUE (MED POL X) a évalué les apports de mercure d'origine tellurique et les résultats sont récapitulés au Tableau 1 (PNUE, 1979).

17. Selon cette étude, le principal apport de mercure dans la Méditerranée provient des fleuves. On a estimé que 122 tonnes au total arrivent par cette voie chaque année, dont 90 tonnes ont pour origine des activités industrielles et d'extraction minière. Les 32 tonnes restantes ont été appelées "de base"; il faut cependant tenir compte, dans ce total, des effets indirects de l'activité humaine sur la mobilisation du mercure présent dans les roches du lit des fleuves et le sol, ainsi que des sources diffuses telles que des municipalités de l'intérieur. Les côtes ne sont responsables que de 6% environ du mercure total transporté dans la Méditerranée. Toutefois, les données utilisées pour évaluer les déversements de mercure industriel étaient limitées. Dans la région méditerranéenne, plusieurs usines fabriquent du chlore et de la soude (Figure 1) et quelques-unes d'entre elles pourraient être à l'origine d'apports de mercure de grande importance locale.

18. La question des échanges de mercure entre l'environnement marin et l'atmosphère est débattue depuis de nombreuses années. On a signalé que le transport atmosphérique de mercure constitue une source importante de ce métal dans l'environnement marin (Windom et Taylor, 1979). Dans la zone régie par la Convention de Paris, on a estimé à environ 5,6% l'apport atmosphérique de mercure (Convention sur la protection contre la pollution marine d'origine tellurique, 1981). Des données d'analyse et des calculs plus récents ont montré qu'en gros la mer est une source plutôt qu'un réceptacle de mercure atmosphérique.

19. Toutefois, compte tenu de la nature de la mer Méditerranée, qui est une mer fermée, ainsi que de la géologie des terres avoisinantes, la Méditerranée n'est pas nécessairement représentative de toutes les mers pour ce qui est de la circulation de mercure en provenance ou à destination de l'atmosphère. En conséquence, il importe tout particulièrement d'évaluer cette circulation dans la région méditerranéenne (OMM, 1982).

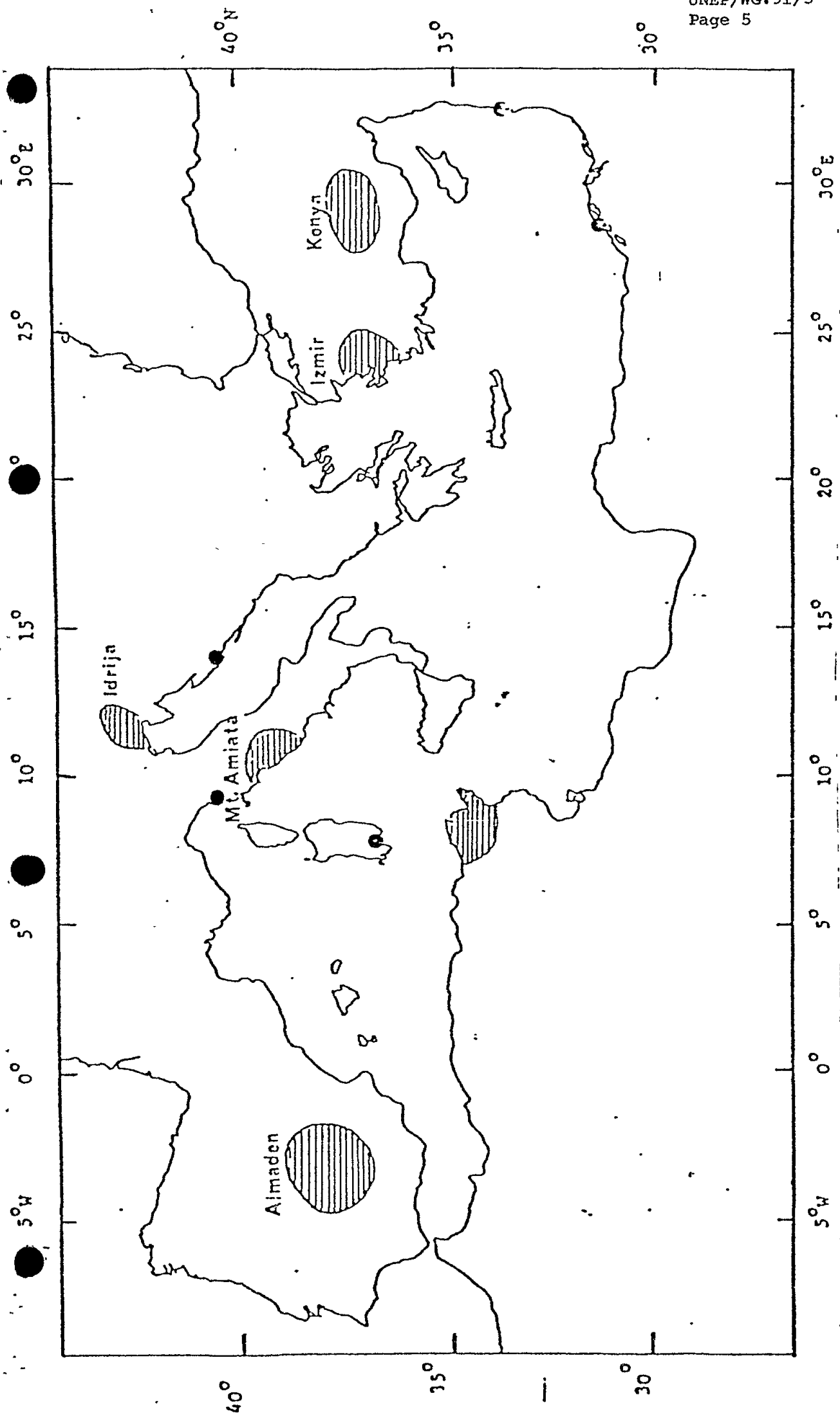


Figure 1. Situation des activités d'extraction de mercure (▨) et des usines de production de chlore et de soude (●) dans la région méditerranéenne

Tableau 1

Sources et apports de mercure dans la Méditerranée

<u>Région</u>	<u>Originaires de la zone côtière</u>				<u>Charriés par les fleuves</u>		<u>Total</u>
	<u>Domestique</u>		<u>Industriel</u>		<u>t/a</u>	<u>%</u>	<u>t/a</u>
	<u>t/a</u>	<u>%</u>	<u>t/a</u>	<u>%</u>			
I	0.04	2	0.60	24	1.8	74	2.5
II	0.28	1	2.7	8	30	91	33
III	0.04	1	0.20	7	2.5	92	2.7
IV	0.12	1	1.1	10	9.5	89	10.7
V	0.084	0 env.	0.540	1	40	99	41
VI	0.026	0 "	0.16	2	9.6	98	9.8
VII	0.032	2	0.16	9	1.5	88	1.7
VIII	0.054	0 env.	0.22	2	14	98	14.3
IX	0.01	0 "	0.05	1	7	99	7.1
X	0.074	1	1.2	17	5.6	82	6.9
TOTAL	0.76	0.6	6.9	5.4	122*	94	129.7

* Sur ce chiffre, 32 tonnes sont considérés comme "base"

(PNUE, 1979)

N.B.: cf. aussi Figure 3

20. Outre l'apport des fleuves et éventuellement de l'atmosphère, le déversement des déchets constitue une importante voie de pénétration du mercure dans l'environnement marin. Dans la zone régie par la Convention de Paris, on a estimé que le déversement des déchets entre pour 35% dans l'apport de mercure d'origine tellurique, 1981).

Destin du mercure dans l'environnement

21. Le mercure entre dans l'environnement marin sous une variété de formes physico-chimiques : sulfures de mercure, mercure métallique, composés organomercurés ou liés à des matières organiques ou minérales en suspension. Dans l'environnement marin, le mercure peut subir des réactions physico-chimiques variées, y compris la sédimentation, l'absorption par des particules, l'oxydation-réduction et la méthylation. Ces réactions ont été examinées par divers auteurs (Gavis et Ferguson, 1972; Jensen et Jernelov, 1972; Keckes et Miettinen, 1972; Peakall et Lovett, 1972; OMS, 1976).

22. Le mercure est facilement absorbé par les matières particulaires organiques ou minérales présentes dans la mer. Il est alors associé avec des matières particulaires qui se déposent et est transféré dans les sédiments. En conditions anaérobies, il est transformé en sulfure de mercure. Autre réaction importante du mercure dans l'environnement marin : la biométhylation. Le mercure bivalent peut être méthylé par certaines bactéries agissant dans les sédiments marins et donne du méthylmercure et du diméthylmercure. Ces réactions ont été largement étudiées, tant en laboratoire que sur le terrain (Jensen et Jernelov, 1972; OMS, 1976).

23. Les organismes marins peuvent prélever le mercure directement dans l'eau de mer, sur les aliments et dans les sédiments.

24. Différentes formes de mercure ont diverses propriétés à l'égard de la bio-accumulation et de la toxicité. Le méthylmercure, qui est très efficacement absorbé à travers les membranes biologiques, est fortement lié aux groupements sulphydryles et excrété très lentement, voire pas du tout. Le méthylmercure est aussi la forme de mercure la plus toxique, mais ne constitue qu'une fraction très minime du mercure total existant dans le système marin. La forme la plus abondante de mercure est le mercure bivalent minéral, qui peut être lié ou complexé à un certain nombre de coordinats. Il est absorbé par les organismes ou adsorbé sur eux, mais les organismes plus évolués que les poissons, les oiseaux et les mammifères, l'excrètent en quelques jours ou quelques semaines, vu sa demi-vie.

25. Selon le mode d'accumulation et la capacité d'excrétion, la quantité de méthylmercure par rapport au mercure total varie d'un pourcentage théorique de 100% chez les poissons marins prédateurs ou dans les plumes des oiseaux marins, jusqu'à un faible pourcentage dans le phytoplancton et la plupart des mollusques.

26. La question de l'importance relative pour la charge corporelle résultante de l'accumulation du mercure présent dans l'eau et dans les aliments est fonction d'un certain nombre de facteurs. Un facteur évidemment très important est la concentration du méthylmercure (distingué du mercure total) présent dans l'eau et dans les denrées alimentaires. Les données disponibles sont rares et, par suite, les conclusions sont incertaines. A titre très général, on peut affirmer que plus le niveau trophique est avancé, plus

important est l'apport des denrées alimentaires. Cependant, dans l'ensemble de la chaîne alimentaire, le processus-clé est constitué par l'apport de l'eau (OMS, 1976). Lorsque l'on compare les niveaux de mercure présents dans différentes espèces de poissons ou chez diverses populations, des facteurs autres que le niveau trophique et les concentrations de méthylmercure dans les organismes proies revêtent également leur importance. L'âge, le taux de croissance et l'efficacité de la conversion alimentaire, ainsi que d'autres facteurs dépendant du métabolisme sont généralement pertinents. Lorsque les thonidés et l'espadon sont comparés à la plupart des autres espèces de poissons, la teneur en mercure par rapport à la matière sèche du muscle de poisson frais prend aussi de l'importance.

27. En tant que consommateur de poisson, de crustacés et de mollusques, l'homme est placé au niveau extrême de la chaîne alimentaire et ingère du mercure présent dans les produits contaminés.

28. Nous présentons à la Figure 2 un schéma général de la circulation de mercure dans l'environnement marin (PNUE, 1978).

Niveaux de mercure présents dans la Méditerranée

a) Eau de mer (matières en solution et en particules)

29. Les concentrations de mercure dans l'eau de mer doivent être interprétées avec grande prudence, compte tenu des problèmes liés à l'échantillonnage et à l'analyse, lorsqu'on dose cet élément au niveau du microgramme/litre. En cours d'échantillonnage, d'entreposage, de préconcentration et d'analyse, des contaminations graves peuvent se produire. On a également signalé des pertes de mercure en cours d'entreposage (Coyne et Collins, 1972; Zief et Mitchell, 1976). Différentes préconcentrations et méthodes d'analyse auront pour résultat de déterminer diverses formes physico-chimiques : total, en particules, en dissolution et instables. En outre, les variations dans le temps et dans l'espace provoquées par le mélange de différentes masses d'eau de mer, ainsi que par les méthodes de transport et de dilution, entraînent d'autres complications dans l'interprétation des concentrations de mercure.

30. Les concentrations de mercure dans l'eau de la Méditerranée ont été passées en revue dans le rapport préliminaire du PNUE sur l'état de la pollution dans la mer Méditerranée (PNUE, 1978). Ces résultats, de même que des données complémentaires signalées depuis lors, sont récapitulés par région dans les Tableaux 2 et 3 (voir aussi Figure 3).

31. Considérant la prudence qui s'impose, comme on l'a vu plus haut, dans l'interprétation des données d'analyses pour l'eau de mer, on ne saurait conclure que les eaux en pleine mer Méditerranée présentent des concentrations de mercure significativement plus élevées que d'autres secteurs de haute mer, encore qu'une légère tendance en ce sens apparaisse. Comme l'a démontré un récent calcul par modèles mathématiques (Bernhard, 1983), la différence requise dans les concentrations d'eau pour expliquer les différentes teneurs en mercure des thonidés de l'Atlantique et de la Méditerranée (Renzoni et al., 1978) est si faible que son dépistage serait impossible vu la précision actuelle de l'échantillonnage et des analyses.

Figure 2

Schéma généralisé des apports et destins du mercure dans l'environnement marin

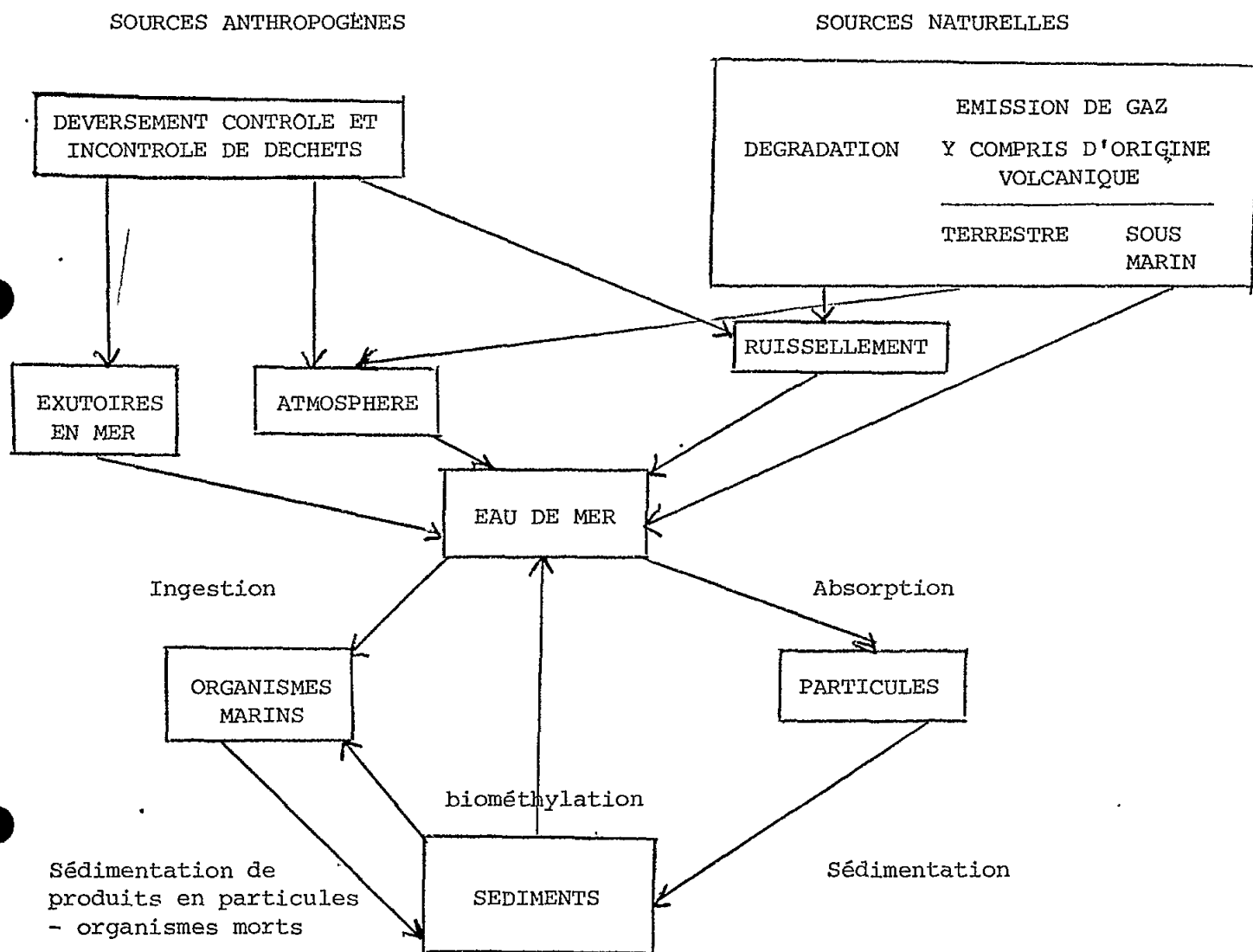


Tableau 2

Concentrations de mercure en pleine mer Méditerranée

<u>Région</u>	<u>Forme physico- chimique</u>	<u>Concentration µg/l</u>	<u>Référence</u>
I	Total	0.11 (0.062-0.17)	Robertson <u>et al.</u> , 1972
II	Particules	0.0013	Buat-Menard <u>et al.</u> , 1980
	en dissolution	0.020 (0.008-0.032)	
III	en dissolution	0.014 (0.005-0.30)	Huynh-Ngoc & Fukai, 1978
IV	en dissolution	0.026 (0.010-0.040)	" "
VI-VII	en dissolution	0.030 (0.005-0.080)	" "
VIII	en dissolution	0.040 (0.015-0.080)	" "
X	en dissolution	0.016 (0.012-0.020)	" "
	Total	0.12 (0.09-0.14)	Robertson <u>et al.</u> , 1972

Tableau 3

Concentrations de mercure dans les eaux côtières de la Méditerranée

<u>Région</u>	<u>Secteur</u>	<u>Forme physico- chimique</u>	<u>Concentration µg/l</u>	<u>Référence</u>
II	Delta du Rhône	En dissolution	0.010-0.19	Martin <u>et al.</u> , 1978
	Côte ligure	Total	0.012-0.26	Breder <u>et al.</u> , 1980
	Côtes de Toscane et Rosignano (à proximité d'une usine de fabrication de chlore et de soude)		0.02 0.18	Renzoni <u>et al.</u> , 1973
	Cecina	En dissolution	0.012-0.031	Breder <u>et al.</u> , 1980
		Total	0.032-0.061	
V	Adriatique N.O.	Particules	1-7	Granzini <u>et al.</u> , 1975
	Côte d'Istrie	Total	0.04	Strohal & Dzajo, 1975
	Adriatique	Total	0.07	Kosta <u>et al.</u> , 1978
	Golfe de Trieste	En dissolution	0.073-0.17	Majori <u>et al.</u> , 1978
VIII	Golfe de Saronique (à proximité d'un déversement d'eaux usées)	Total	0.15-0.60	Zafiropoulos, 1982
X	Israël	En dissolution (instable)	0.06 (0.01-0.18)	Roth & Hornung, 1975
	Côtes méditerranéennes		0.02-0.55	Aubert, 1980

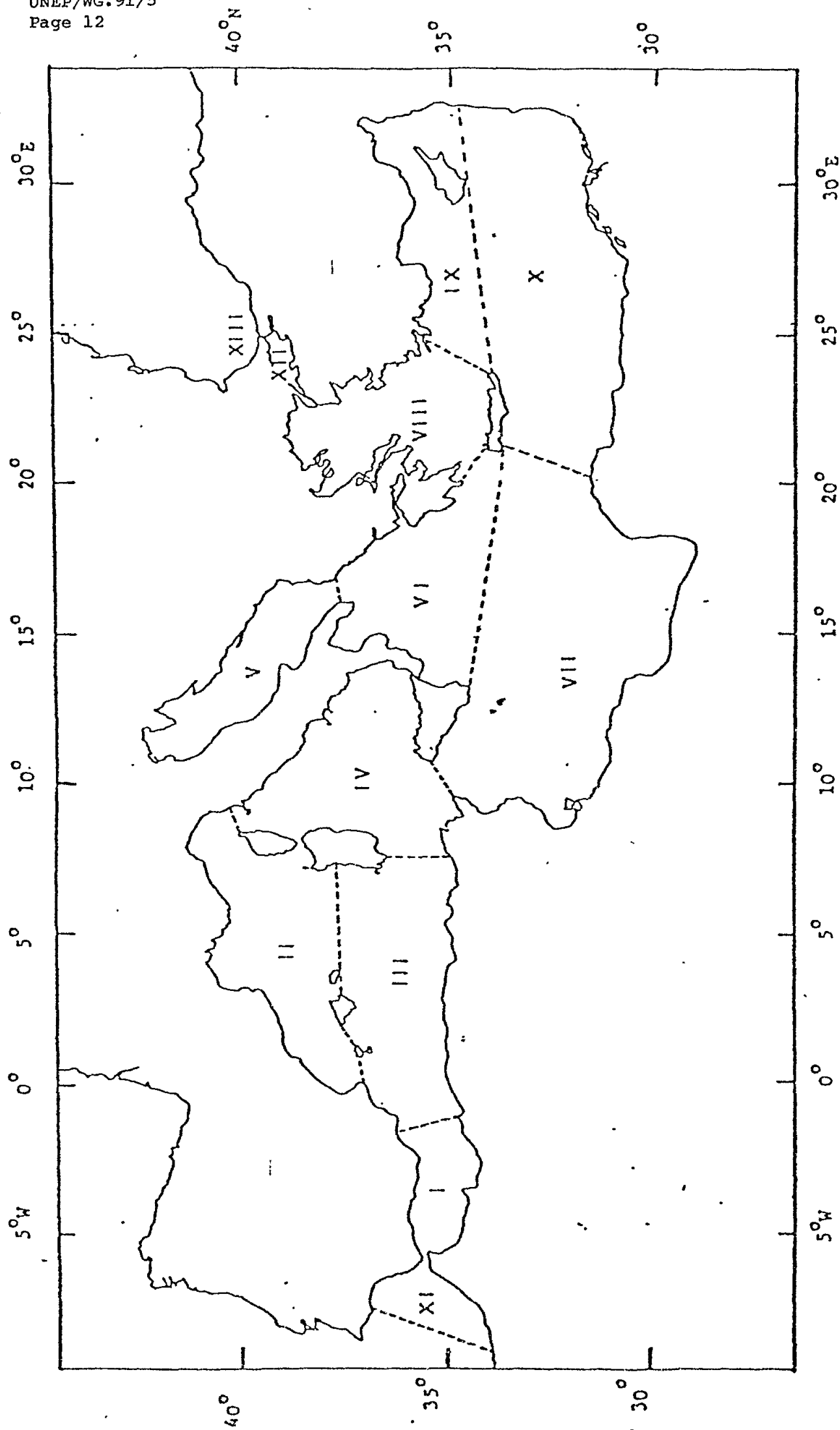


Figure 1. Subdivisions régionales de la Méditerranée dans le cadre du projet pilote MED POL II

32. Dans les eaux côtières, les niveaux de mercure enregistrés sont significativement plus élevés qu'en pleine mer Méditerranée. Dans plusieurs secteurs localisés, les niveaux de mercure sont environ dix fois plus élevés, voire davantage, que dans les secteurs sans source locale de mercure.

33. Il est nécessaire de disposer de nouvelles données sur les concentrations de mercure, tant en zone côtière qu'en pleine mer. Pour être comparables, ces données doivent être produites par des opérations d'échantillonnage et d'entreposage normalisés et des méthodes d'analyses interétalonnées. Même dans ce cas, pour interpréter les concentrations de mercure, il faudra disposer de données océanographiques sur les différentes masses d'eau et schémas de circulation applicables en Méditerranée. Des informations sur les formes physico-chimiques du mercure, notamment en particules et en dissolution, méthylé et minéral, revêtiront une grande importance aux fins de l'évaluation du problème d'ensemble que pose le mercure.

(b) Sédiments

34. Les sédiments marins ont été considérés comme le réceptacle ultime des éléments toxiques. Cependant, des travaux récents ont montré que le mercure est susceptible d'être transféré dans la colonne d'eau, même à partir de sédiments anoxiques (Bothner et al., 1980). La concentration du mercure dans les sédiments est fonction des caractéristiques minéralogiques et cocciométriques du sédiment, de la teneur en carbone organique, du taux de sédimentation et du taux de retransfert du mercure dans la colonne d'eau (Phillips, 1977).

35. Le dosage du mercure dans les échantillons de sédiments suppose en règle générale l'extraction du mercure présent dans l'échantillon. Du fait des combinaisons différentes d'acides ou de la diversité des méthodes d'extraction, les résultats obtenus ne sont pas toujours comparables.

36. Les concentrations de mercure dans les sédiments de la Méditerranée ont été examinés dans UNEP's Preliminary Report on the State of Pollution of the Mediterranean Sea (Rapport Préliminaire du PNUE sur l'état de pollution de la mer Méditerranée) (PNUE, 1978). En outre, la présence de mercure dans les sédiments des côtes recevant des eaux usées industrielles ou ménagères a fait, ces dernières années, l'objet d'une surveillance continue active. Les données obtenues sont récapitulées au Tableau 4.

37. Un autre facteur important et dont il convient de tenir compte est la fraction du sédiment analysé. En général, les auteurs ne donnent que fort peu d'informations à ce sujet.

38. Dans les données limitées disponibles sur les concentrations de mercure présentes dans les sédiments de la pleine mer, tant pour la Méditerranée que pour les mers ouvertes, il semblerait que l'on puisse discerner une tendance à des valeurs plus élevées pour la Méditerranée. Compte tenu des incertitudes, cette augmentation, pour la Méditerranée, par rapport aux valeurs océaniques, ne saurait toutefois être considérée comme statistiquement significative.

Tableau 4

Concentrations de mercure dans les sédiments de la Méditerranée

Région	Méthode d'extraction	Concentration µg/g poids sec	Référence
I Mer d'Alboran	Total	0.26(moyenne)	Robertson <u>et al.</u> , 1972
II Côtes ligures	HNO ₃ , HCl	0.16-5.4	Breder <u>et al.</u> , 1980
Delta de l'Ebre	conc. HNO ₃	0.065-1.1	Obiols & Peiro, 1980
Région de Marseille	HNO ₃	0.07-21	Arnoux <u>et al.</u> , 1980a 1980b, 1980c
Baie de Cannes	HNO ₃ , HPO ₄ fraction 63 µ	0.1-0.4	Ringot, 1982
Golfe de Nice	HNO ₃ , HClO ₄	0.01-0.16	Flatau <u>et al.</u> , 1982
Côtes catalanes	conc. HNO ₃	0.2-1.0	Peiro <u>et al.</u> , 1980
III Lagune de Santa Gilla, Cagliari	HSO ₄ , HNO ₃	0.7-37	Sarritzu <u>et al.</u> , 1982
IV Mer thyrrhénienne	-	0.05-0.24	Selli <u>et al.</u> , 1973
Côte de Toscane	-		
(à proximité d'une usine Solvay)		1.1-1.3	Renzoni <u>et al.</u> , 1973
4 km S and N		0.1-0.8	
10 km S and N		0.04-0.1	
V Golfe de Trieste	-	1.4-14.8 19.4	Majori <u>et al.</u> , 1978
(proximité d'une mine de cinabre)			
Golfe de Venise	H ₂ SO ₄	0.15-3.0	Donazzolo <u>et al.</u> , 1978 Angela <u>et al.</u> , 1980
Baie de Kastela	Total	8.5	Stegnar <u>et al.</u> , 1980
Dalmatie (usine de production de chlore et de soude)			
Mer Adriatique	Total	0.07-0.97	Robertson <u>et al.</u> , 1972
VIII Golfe d'Evoikos	0.5 HCl	0.3-0.8	Angelidis <u>et al.</u> , 1980
Mer Egée	fraction 55 µ		
Golfe de Saronique	Total	0.5-1	Grimenis <u>et al.</u> , -1976 Papakostidis <u>et al.</u> , 1975
Athènes			
Déversement d'Athènes	Total	0.5-3	
IX Côtes de Turquie	HNO ₃	0.019-0.48	Tuncel <u>et al.</u> , 1980
X Région d'	conc. HNO ₃	0.8	Elsokkary, 1978
Alexandrie (voisi- nage d'une usine de production de chlore et de soude)		9 - 15	El Sayed & Halim, 1978
Baie d'Haïfa	HNO ₃ fraction 250 µ	0.008-0.73	Krumgalz & Hornung, 1982
Hanigra à Hafifa		0.01-0.57	Roth & Hornung, 1977

39. En zone côtière, des concentrations élevées de mercure dans les sédiments provoquent des problèmes locaux graves, notamment dans les secteurs recevant des effluents d'usines de fabrication de chlore et de soude ou d'autres activités industrielles et dans les zones côtières voisines de sites d'extraction de mercure.

(c) Organismes

40. Une quantité considérable de données sur les concentrations de mercure dans les biotes marines méditerranéennes ont été signalées. Ces données ont été le résultat du Projet MED POL "Etudes de base et surveillance continue des métaux, en particulier le mercure et le cadmium, dans les organismes marins". Les concentrations de mercure présentes dans dix-huit espèces de poissons, trois espèces de mollusques et trois espèces de crustacés sont récapitulées au Tableau 5.

41. En interprétant ces données, il conviendrait de tenir compte du fait que la plupart des organismes marins, à l'exception de certains poissons pélagiques comme les thonidés, ont été recueillis en zones côtières, où les niveaux de mercure sont plus élevés qu'en pleine mer. Cependant, les poissons capturés dans la Méditerranée aux fins de la consommation humaine le sont pour la plupart au voisinage des rivages.

42. Une quantité considérable de données signalées ont trait à des organismes marins recueillis dans la zone de Monte Amiata, en Italie, dont on connaît l'anomalie géochimique du point de vue du mercure. Etant donné que ces échantillons comportent des charges corporelles relativement élevées, le résultat est sensiblement supérieur aux moyennes méditerranéennes.

43. Thonidés et autres espèces de poisson pélagiques. Cumont et al. (1972) ont signalé des concentrations de mercure dans le thon rouge (Thunnus thynnus thynnus) capturé dans la Méditerranée (de 50 à 2500 µg/kg (poids de matière humide)). Les mêmes auteurs ont signalé pour le thon rouge de l'Atlantique des valeurs de l'ordre de 20 à 800 µg/kg.

44. Les travaux de Renzoni et al. (1978) ont identifié dans la Méditerranée deux populations de thon rouge (Figure 4) :

- 1). Les thons qui passent leur vie entière dans la Méditerranée. Leur charge corporelle de mercure est élevée (jusqu'à 4000 µg/kg) et une corrélation positive a été établie entre concentration et poids corporel;
- 2) Les thons qui effectuent des migrations de l'Atlantique vers la Méditerranée, où ils se reproduisent pour retourner ensuite dans l'Atlantique. La charge corporelle de mercure de ces thons est élevée et l'on ne discerne pas de corrélation claire entre concentration et poids corporel.

45. Les résultats signalés dans le Projet MED POL II font état de variations considérables des concentrations de mercure. Un total de 325 échantillons de thonidés ont été analysés et les concentrations variaient entre 20 et 6300 µg/kg, avec une valeur moyenne de 1050 ± 760 µg/kg. Ces valeurs sont significativement plus élevées que les valeurs océaniques, qui sont de l'ordre d'environ 50 à 1000 µg/kg (Cumont et al., 1972; Zook et al., 1976).

Tableau 5

Concentrations de mercure dans les poissons de la mer
Méditerranée (µg/kg, poids de matière humide)

<u>Espèces</u>	<u>Nombre d'échantil- lons</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>	<u>Moyenne</u>	<u>Ecart type</u>
<u>Boops boops</u>	15	20	432	125	104
<u>Dentex gibbosus</u>	12	99	178	135	19
<u>Engraulis encrasicolus</u>	254	20	580	167	85
<u>Merluccius merluccius</u>	16	31	258	131	77
<u>Mugil auratus</u>	39	1	5600	171	880
<u>Mullus barbatus</u>	1265	2	7900	694	960
<u>Mullus surmuletus</u>	234	0	510	91	57
<u>Pagellus acarne</u>	12	30	337	159	92
<u>Pagellus erythrinus</u>	112	53	805	203	115
<u>Sarda sarda</u>	11	290	2300	1150	644
<u>Sardinella aurita</u>	47	120	390	248	70
<u>Saurida undosquamis</u>	143	42	649	137	93
<u>Scomber scombrus</u>	16	125	510	335	122
<u>Solea vulgaris</u>	10	10	220	71	65
<u>Thunnus alalunga</u>	38	60	399	262	76
<u>Thunnus thynnus thynnus</u>	325	20	6300	1050	760
<u>Trachurus mediterraneus</u>	54	8	955	116	160
<u>Upeneus moluccensis</u>	127	38	1112	426	290

Concentrations de mercure dans les mollusques de la mer
Méditerranée (µg/kg, poids de matière humide)

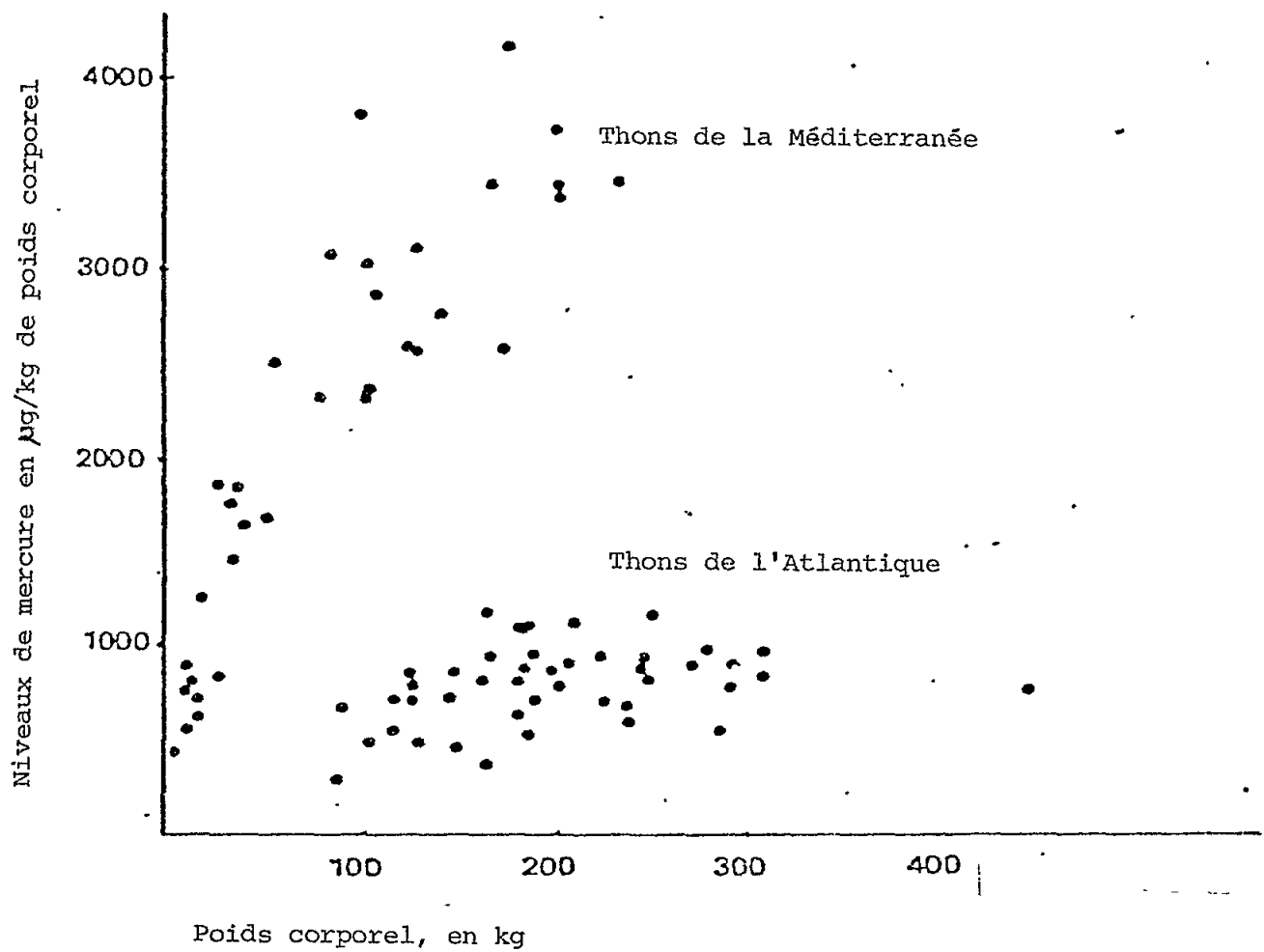
<u>Donax trunculus</u>	42	35	909	210	220
<u>Mytilus galloprovincialis</u>	488	4	7000	232	596
<u>Perna perna</u>	192	20	370	76	50

Concentrations de mercure dans les crustacés de la mer
Méditerranée (µg/kg, poids de matière humide)

<u>Nephrops norvegicus</u>	554	59	3000	917	494
<u>Parapenaeus longirostris</u>	39	110	1195	345	233
<u>Squilla mantis</u>	20	65	455	152	86

Figure 4

Concentrations de mercure : poids corporel, dans Thunnus thynnus thynnus
(Renzoni et al., 1978)



46. Les épreuves de recherche de mercure, signalées dans le cadre du Projet pilote MED POL II, pour le thon rouge, ont montré que la plupart des valeurs étaient inférieures à 1500 µg/kg et quelques-unes seulement dépassaient 2000 µg/kg (Figure 5). Si l'on enregistre les concentrations de mercure par rapport au poids (Figure 6), l'image obtenue est beaucoup plus dispersée que celle qui est reproduite à la Figure 4.

47. Une explication possible résiderait dans le fait que différentes sous-populations de thon rouge de la Méditerranée sont incluses dans le matériel reproduit à la Figure 6.

48. Les concentrations de mercure dans le germon (Thunnus alalunga) représentées au Tableau 5 sont similaires à celles qui ont été signalées pour différentes espèces de thonidés de l'océan, à savoir de 70 à 1250 µg/kg (Groupe de Travail sur le mercure dans le poisson, 1979). Cependant, les concentrations relevées dans les tissus blancs de 27 germes ayant fait l'objet d'un sondage dans le nord de la mer Tyrrénienne, montraient une charge corporelle de mercure de l'ordre de 700 à 4200 µg/kg.

49. Des concentrations élevées de mercure ont été signalées pour les espèces pélagiques de la Méditerranée telles que Sardina pilchardus, Engraulis encrasicolus et Scomber scombrus (Baldi et al., 1978).

50. Stoeppler et al. (1979) ont fait état d'une corrélation significative entre les concentrations de mercure dans Sardina pilchardus et le poids corporel. Ils signalent que les poissons capturés au large des côtes de Toscane (Italie) présentent des concentrations sensiblement plus élevées que les spécimens pris dans le Détroit de Gibraltar. Le graphique des concentrations par rapport à la longueur (Figure 7) est analogue à celui qui a été donné pour le thon rouge par Renzoni et al. (1978).

51. Les valeurs moyennes, relatives aux espèces pélagiques, calculées à partir des résultats de MED POL II vont de 116 µg/kg pour Trachurus mediterraneus à 1150 µg/kg pour Sarda sarda (Tableau 5).

52. Les concentrations de mercure sont en général associées tant au poids corporel qu'à la longueur, comme c'est le cas pour Trachurus mediterraneus dans les Figures 8 et 9. Lorsqu'une telle corrélation est absente, cela peut être dû à des différences de taux de croissance ou d'habitudes alimentaires chez les diverses sous-populations ou encore à une distribution inégale des échantillons en provenance de différents secteurs.

53. Mullus barbatus et autres espèces benthiques. Les concentrations de mercure signalées pour l'espèce benthique Mullus barbatus vont de 2,0 à 7900 µg/kg (poids de matière humide) avec une moyenne de 690 µg/kg. Cependant, près de la moitié des échantillons analysés avaient été recueillis dans des régions côtières voisines de la zone de Monte Amiato (Italie), dont l'anomalie du point de vue géochimique est connue. Ces échantillons présentaient des concentrations sensiblement plus élevées (valeur moyenne de 1200 µg/kg). Si l'on fait abstraction de ces données, on peut estimer à 160 µg/kg une valeur de mercure dans Mullus barbatus plus représentative pour la Méditerranée.

Figure 5

Concentrations de mercure dans Thunnus thynnus thynnus

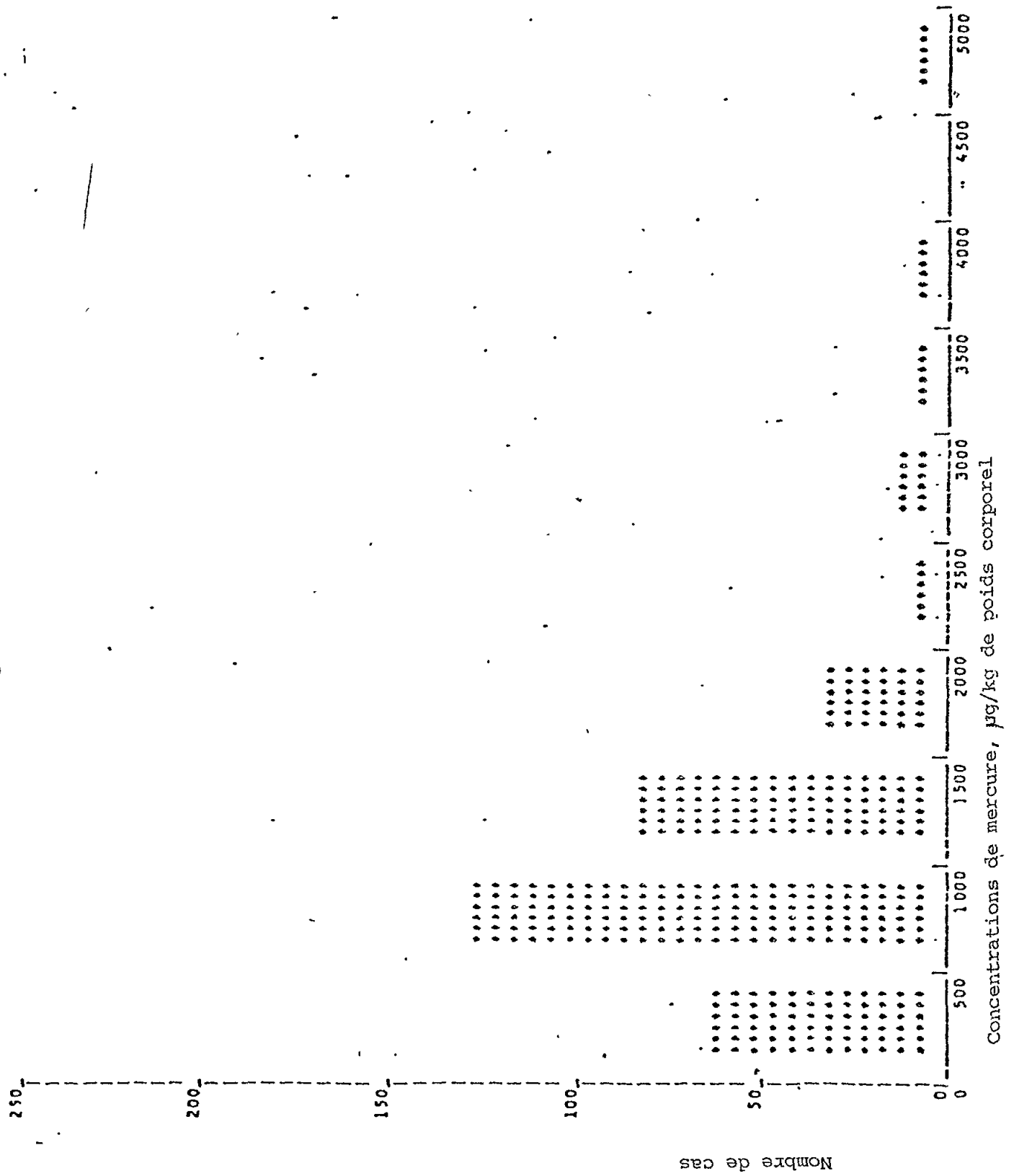


Figure 6

Concentrations de mercure : poids corporel dans Thunnus thynnus thynnus
(données MED POL II)

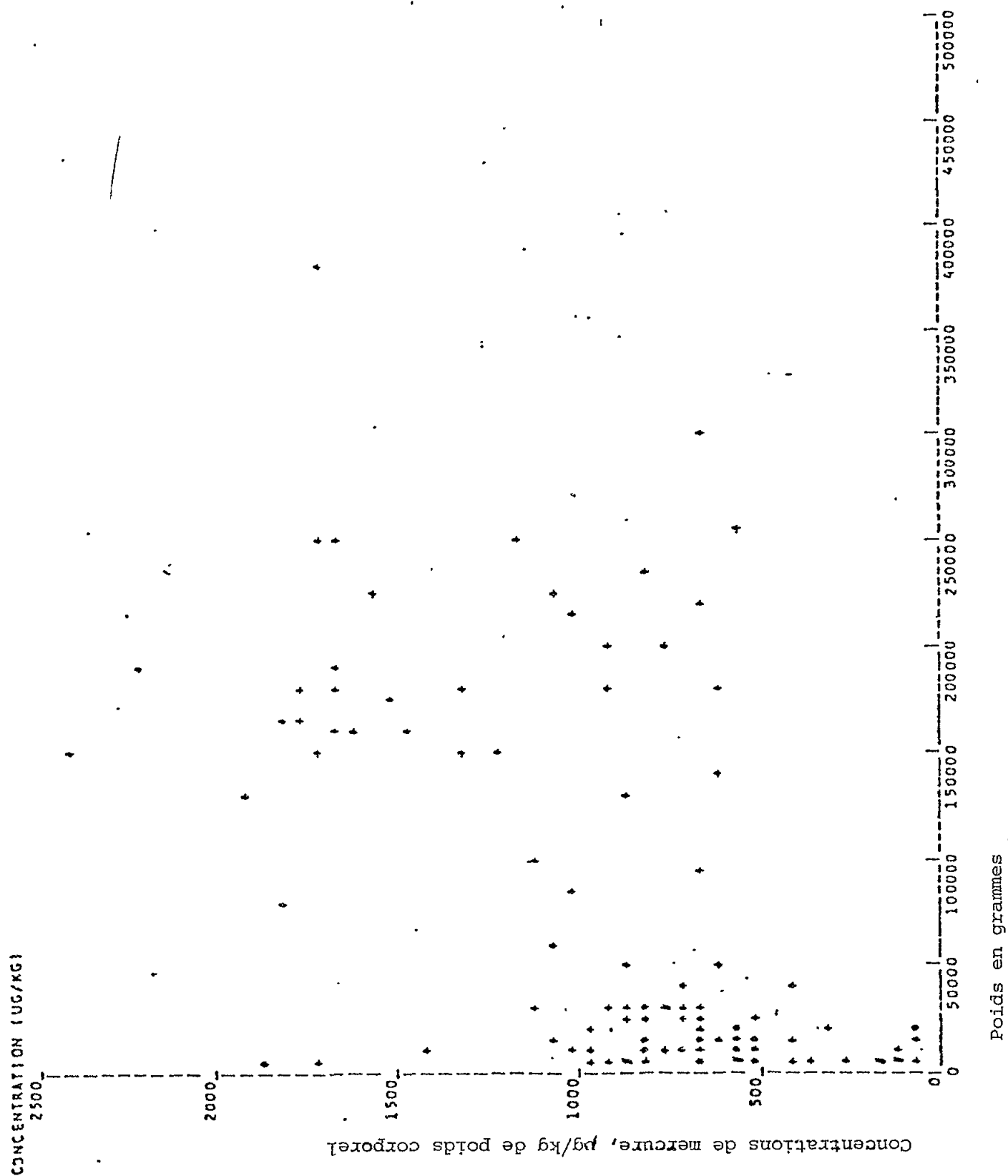


Figure 7

Concentrations de mercure : poids dans Sardina pilchardus
(Stoeppler et al., 1979)

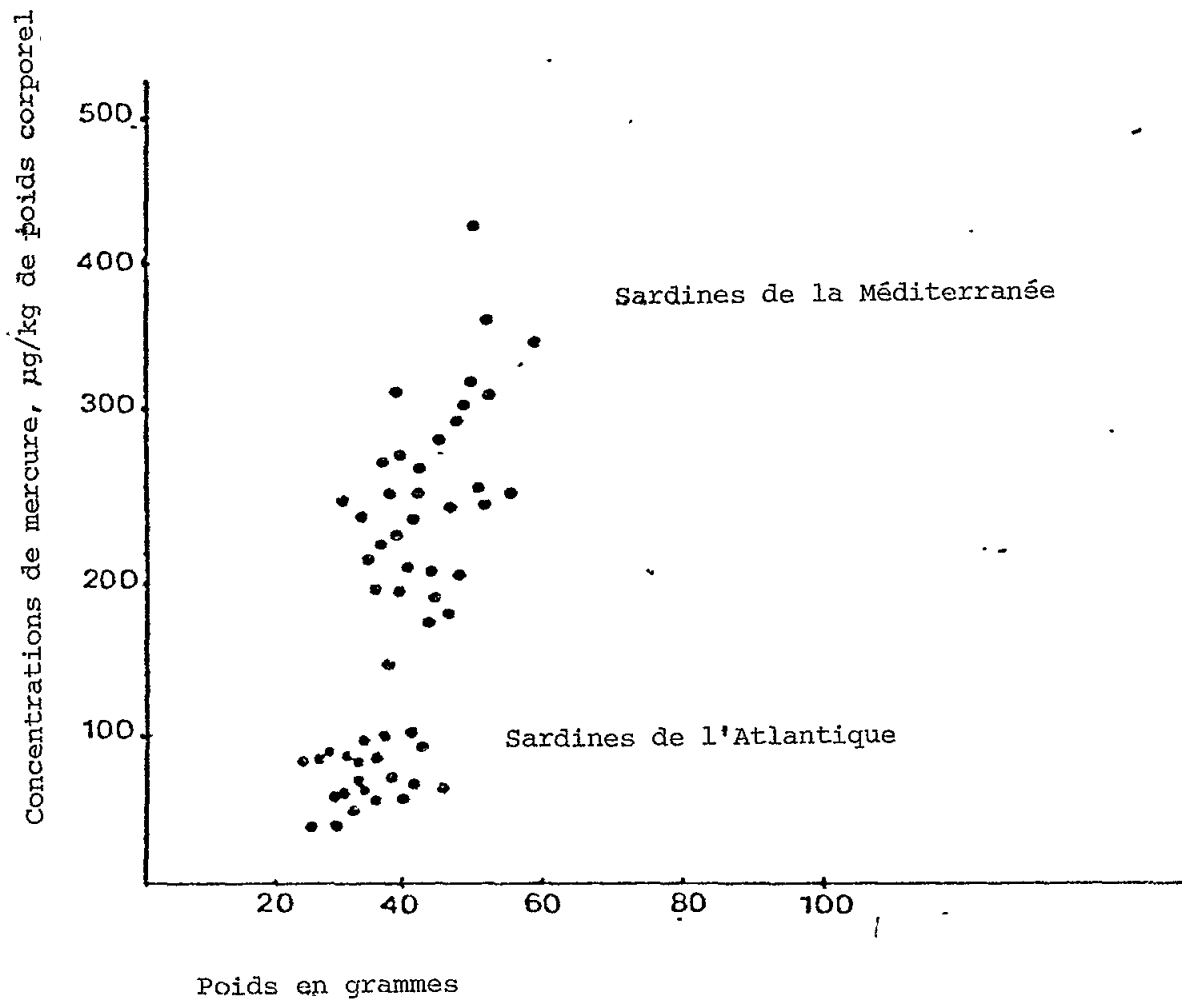


Figure 8

Concentrations de mercure : poids dans Trachurus mediterraneus
(données MED POL II)

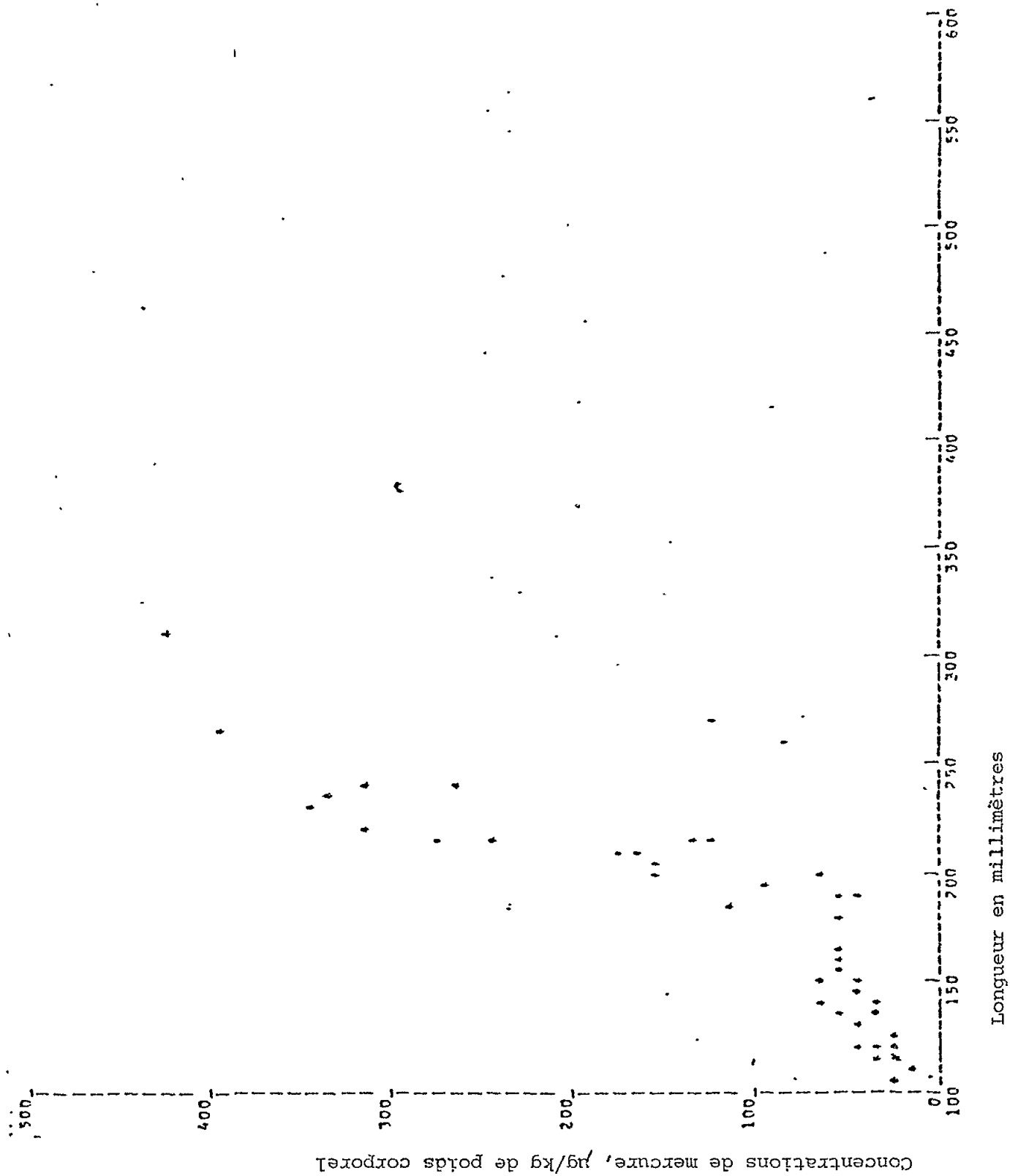
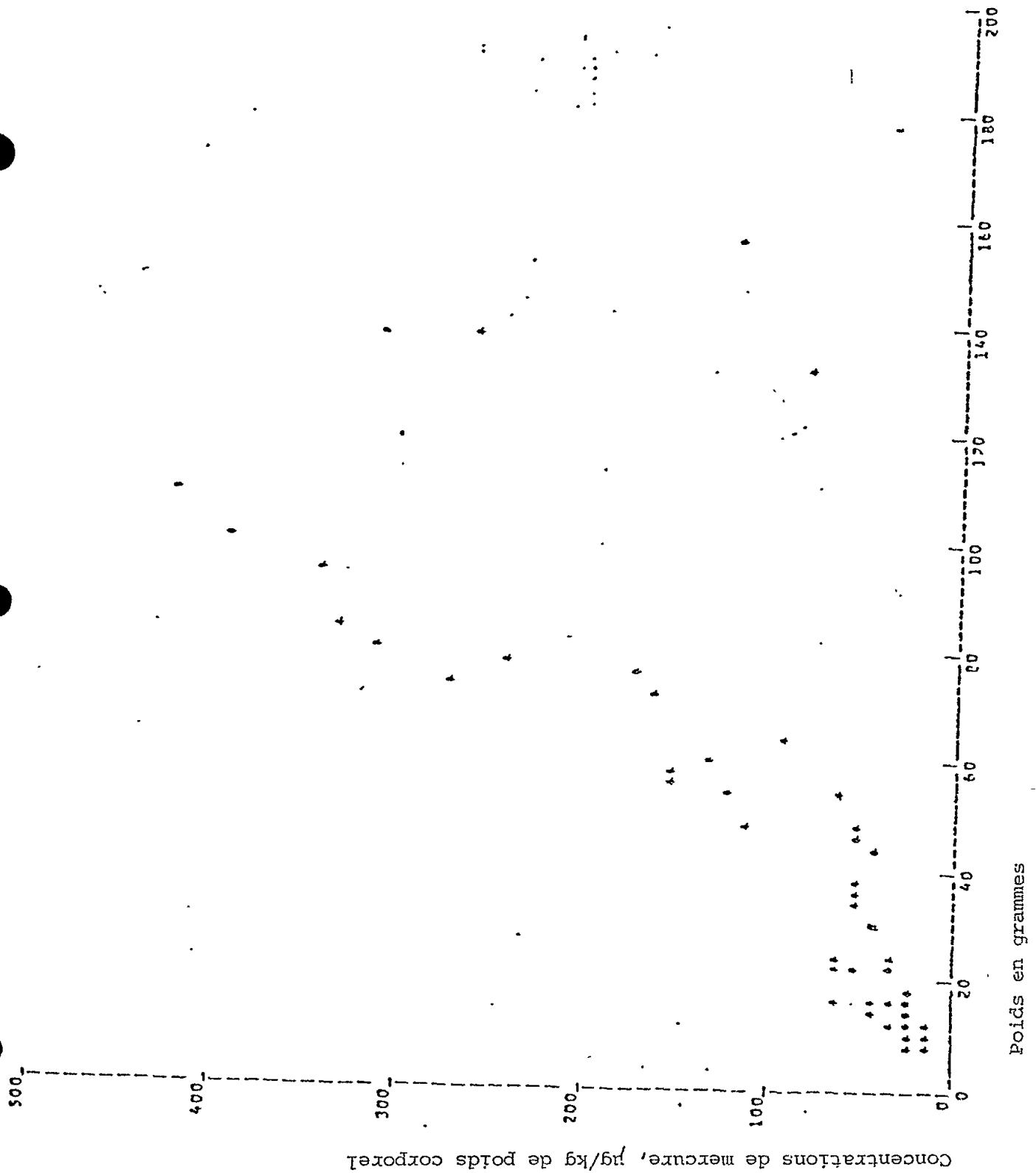


Figure 9

Concentrations de mercure : poids dans Trachurus mediterraneus
(données MED POL II)



54. Des corrélations significatives entre concentrations de mercure et poids corporel ou longueur ont été signalées pour Mullus barbatus (Stoeppler et al., 1979; Capelli et al., 1980). Une telle corrélation n'apparaît pas dans les résultats du Projet MED POL II relatifs à Mullus barbatus. Les échantillons prélevés sur des secteurs d'anomalie géochimique, ayant donné des valeurs de mercure élevées, ont sans doute masqué les résultats.

55. De même, dans les échantillons provenant d'opérations de chalutage commercial le long des côtes israéliennes, la corrélation entre concentration de mercure et longueur était faible. Par contre, la teneur en mercure de ces espèces semblait augmenter avec la profondeur de la capture (Hornung et al. 1980).

56. Des concentrations élevées de mercure dans les spécimens de Mullus barbatus prélevés par échantillonnage sur les côtes toscanes (Italie), allant jusqu'à 3700 µg/kg, ont également été signalées par le PNUE (1978). Dans d'autres régions côtières de la Méditerranée, les concentrations variaient entre 60 et 900 µg/kg.

57. Capelli et al. (1980) ont signalé des concentrations moyennes de mercure de 270 µg/kg dans des échantillons de Mullus barbatus capturés dans le Golfe de Gênes. Dans les zones non polluées de la mer Egée, les valeurs moyennes sont de l'ordre de 50 µg/kg; cependant, dans les secteurs recevant des effluents industriels ou ménagers, elles passent à 290 µg/kg (Grimanis et al., 1980; Uysal, 1980). Sur les côtes turques du Levant, des valeurs de 40 µg/kg ont été signalées (Balkas et al., 1978).

58. Majori et al. (1978) ont rapporté des concentrations de mercure allant de 40 à 220 µg/kg pour les spécimens de Mullus barbatus capturés dans le Golfe de Trieste. Des concentrations exceptionnellement élevées - jusqu'à 1200 µg/kg - ont été constatées dans la région côtière d'Alexandrie (Egypte) (El Sokkary, 1982), sans doute par la suite de déversements de mercure en provenance d'une usine de fabrication de chlore et de soude.

59. Les concentrations de mercure présentes dans 234 échantillons de Mullus barbatus ont été de 0,1 à 510 µg/kg, avec une moyenne de 91 µg/kg.

60. Des concentrations élevées de mercure ont été signalées pour Mullus surmuletus en provenance de la région d'Alexandrie (Egypte) (jusqu'à 2200 µg/kg) (El Sokkary, 1982). Dans la mer Egée et la partie septentrionale de la mer du Levant, les concentrations allaient de 40 à 103 µg/kg (Balkas et al., 1978; Uysal, 1980).

61. Upeneus moluccensis n'a été échantillonné que dans la Méditerranée orientale, et la concentration moyenne de mercure atteignait 426 µg/kg.

62. Hornung et al. (1980) ont signalé dans Upeneus moluccensis en provenance des côtes d'Israël des concentrations de mercure de l'ordre de 110 à 707 µg/kg, avec une valeur moyenne de 259 µg/kg. Ils ont aussi observé une corrélation significative entre concentrations de mercure et longueur.

63. Mollusques (Mytilus galloprovincialis et Perna perna). Les moules ont été proposées en tant qu'organismes indicateurs de la présence de métaux lourds ("Mussel Watch"). Elles sont représentatives, mieux que tout autre organisme marin, des conditions locales, car elles sont sessiles et se nourrissent par filtration (Phillips, 1977).

64. Les concentrations de mercure signalées pour les moules (Mytilus galloprovincialis) de la Méditerranée vont de 4 à 7000 µg/kg (poids de matière humide), avec une valeur moyenne de 232 µg/kg. Comme pour le cas de Mullus barbatus, de nombreux échantillons ont été recueillis dans le nord de la mer Tyrrénienne. On peut calculer une moyenne plus représentative, de 70 µg/kg, en faisant abstraction des résultats de ces secteurs.

65. Les concentrations de mercure dans Mytilus galloprovincialis ont été examinées par Bernhard (1978). Des teneurs exceptionnellement élevées ont été signalées pour les échantillons de l'Adriatique (jusqu'à 1000 µg/kg). Les concentrations, pour les spécimens provenant d'autres secteurs de la Méditerranée, s'échelonnaient entre 20 et 300 µg/kg.

66. Des publications récentes signalent des concentrations moyennes de 26 µg/kg dans les échantillons provenant du Golfe de Gênes (Capelli et al., 1980a), 32 à 155 µg/kg pour les échantillons prélevés dans le Golfe de Trieste (Majori et al., 1978), 54 à 230 µg/kg pour les moules de la mer Egée (Uysal, 1980; Grimanis et al., 1982). Des concentrations élevées (250 à 3460 µg/kg) ont été signalées pour les côtes voisines de Barcelone (Obiols, 1980) et pourraient être imputables à de forts apports de mercure dus à des activités industrielles.

67. Les échantillons de Perna perna observés dans le cadre du Projet pilote MED POL II présentaient une concentration moyenne de 76 µg/kg, pour une gamme allant de 20 à 370 µg/kg. Cette valeur moyenne est très proche de celle qui a été signalée pour Mytilus galloprovincialis, à savoir 70 µg/kg (si l'on exclut les résultats relatifs au nord de la mer Tyrrénienne).

68. Crustacés marins. Les teneurs en mercure des crustacés marins de la Méditerranée ont été examinées dans le passé (PNUE, 1978; Bernhard, 1978 et 1980) et de très nombreux résultats ont été présentés au cours des ateliers sur la pollution de la Méditerranée (CIESM/PNUE, 1978, 1980 et 1982). Ces données ne sont pas représentatives d'une distribution égale dans toute la Méditerranée, et la plupart d'entre elles ont trait à des échantillons recueillis dans les secteurs pollués des côtes nord de la Méditerranée ou dans des zones d'anomalie géochimique.

69. Nephrops norvegicus : la concentration moyenne de mercure dans l'abdomen de 489 échantillons des régions II, IV and VI s'élevait à 966 µg/kg et, pour Parapeneus longirostris, de la région VIII, elle était de 337 µg/kg. On ne saurait tirer de conclusions en la matière, la couverture géographique pour l'observation du mercure dans ces organismes étant incomplète.

(d) Comparaisons avec d'autres régions

70. Des données d'analyse comparatives, relatives à la teneur en mercure des muscles de poissons échantillonnés dans différentes mers sont reproduites au Tableau 6. Les données relatives à la mer Méditerranée ont été pour l'essentiel tirées de chiffres apparaissant dans d'autres sections du présent document, celles qui concernent d'autres mers proviennent surtout des "data profiles on mercury" (IRPTC, 1980) et Piotrowski et Inskip (1981). Ces chiffres font apparaître à l'évidence qu'en règle générale les niveaux de mercure présents dans le poisson sont plus élevés en Méditerranée qu'ailleurs. On ne saurait cependant obtenir une confirmation définitive de cela qu'après évaluation plus exhaustive du mercure dans la région méditerranéenne.

Tableau 6

Fourchette des concentrations moyennes approximatives de mercure (exprimées en mg/kg, poids de matière humide), enregistrées pour le tissu musculaire de différentes espèces marines (modifié d'après Piotrowski et Inskip, 1981)

<u>Espèces de poissons</u>	<u>Océan/Mer</u>			
	<u>Atlantique</u>	<u>Pacifique</u>	<u>Indien</u>	<u>Méditerranée</u>
Maquereaux	0.07 - 0.20	0.16 - 0.25	0.005	0.335
Sardines	0.03 - 0.06	0.03	0.006	0.248
Diverses espèces de non prédateurs	0.08 - 0.27	0.07 - 0.09	0.02 - 0.16	0.07 - 0.694
<u>Espèces de prédateurs</u>				
Thonidés	0.30 - 0.80	0.30	0.06 - 0.40	0.26 - 1.15
Espadons	0.80 - 1.30	1.60*	-	1.20 - 1.80*
Différentes espèces d'élasmobranches (requins et raies)	1.00	0.70 - 1.10	0.04 - 1.50	0.06 - 2.0

* fondé sur des données très limitées

Effets du mercure pour la santé

71. Les êtres humains peuvent être exposés tant à des formes organiques que minérales du mercure. L'exposition à des composés de mercure minéral présentant une signification pour la santé humaine relève en général des risques professionnels tandis que l'exposition de l'ensemble de la population au méthylmercure est essentiellement imputable à la consommation de crustacés et de mollusques. A cet égard, les concentrations élevées de méthylmercure dans le poisson, les crustacés et les mollusques peuvent provoquer des effets adverses sur la santé, voire la mort des consommateurs (Takeuchi, 1968; Wood, 1976). Une très grande quantité d'ouvrages existent sur la toxicité du mercure pour les organismes vivants et ses effets sur l'homme. Le document OMS/PNUÉ sur les critères de salubrité de l'environnement applicables au mercure (OMS, 1976) et le rapport de Piotrowski et Inskip (1981) sur les effets pour la santé du méthylmercure étudient les répercussions mondiales du mercure sur la salubrité de l'environnement. Saliba et Silano ont réalisé (1982) une étude sur les activités internationales relatives aux risques pour la santé du méthylmercure dans la région méditerranéenne.

72. La surveillance continue biologique des populations humaines exposées à une intoxication par le méthylmercure a été réalisée dans différents pays y compris l'Irak (Bakir *et al.*, 1973), le Japon (Takeuchi et Eto, 1975; Tsubaki et Irukayama, 1977) et le Canada (Methylmercury Study Group, 1980). Le dosage dans le sang des niveaux de mercure reste la principale façon d'évaluer l'exposition au méthylmercure et, pour les populations considérées comme étant exposées du fait de leur consommation de poisson, les dosages de mercure total ou organique sont considérées comme également valables, dans la mesure où cette dernière valeur représente 95%, voire davantage, du total (Phelps *et al.*, 1980). Récemment, l'analyse des cheveux a acquis de l'intérêt en tant qu'indicateur indépendamment lié aux effets pour la santé (Marsh *et al.*, 1979), le rapport cheveux:sang semble être constant, à condition que les échantillons sanguins soient confrontés à des segments de cheveux convenablement adaptés dans le temps (Clarkson, Amin-Zabi et Al-Tikriti, 1976). Dans le bassin méditerranéen, les niveaux de mercure présents dans le sang et les cheveux et dépassant des valeurs considérées comme normales ont été signalés pour certaines régions côtières (Paccagnella *et al.*, 1973; Bacci *et al.*, 1976; Riolfatti, 1977).

73. L'effet négatif le plus notable, observé chez les êtres humains intoxiqués par du méthylmercure frappe le système nerveux central (OMS, 1976; Piotrowski et Inskip, 1981). Les signes et les symptômes observés chez des adultes appartenaient aux systèmes sensoriel (exemple : paresthésie, algies dans les membres, troubles visuels et auditifs), moteur (exemple : troubles de la déambulation, faiblesse générale et faiblesse des jambes, dysarthrie et tremblements) et non spécifique (exemple : céphalées, démangeaisons et troubles mentaux). Des lésions ont été observées pour le système nerveux central et périphérique, ainsi que des troubles congénitaux à la suite d'une exposition prolongée au méthylmercure ingéré par voie orale (OCDE, 1974). La présence d'un certain nombre d'effets embryotoxiques, y compris tératogènes, a été observée pour différentes espèces d'animaux de laboratoire et plusieurs modifications comportementales, électrophysiologiques et biochimiques ont été signalées avant l'apparition de tout symptôme clair d'intoxication, encore que la pertinence de nombreuses observations aux êtres humains demeure imprécise (Gatti *et al.*, 1979).

74. L'ingestion de méthylmercure en cours de grossesse peut avoir des effets très graves sur le fœtus humain (OMS, 1976) et des répercussions congénitales peuvent être observées alors même que des symptômes toxiques chez la mère manquent. L'exposition périnatale au méthylmercure (qui peut se produire du fait de l'ingestion de lait de femme contaminé) induit également des symptômes précoces de nature neurologique chez les nourrissons et les enfants. En conséquence, les femmes enceintes constituent un groupe très vulnérable. La sensibilité des nourrissons et des enfants à l'intoxication au méthylmercure est quelque peu controversée; certains auteurs considèrent ce groupe comme particulièrement vulnérable, d'autres jugent que les enfants ne sont pas spécialement sensibles et que leur aptitude à progresser, voire à guérir, est plus grande que celle des adultes (Piotrowski et Inskip, 1981).

75. Les sels de sélénium peuvent protéger les animaux de laboratoire contre les effets toxiques du mercure et du méthylmercure minéraux et les niveaux de sélénium présents dans les thonidés peuvent être suffisamment élevés pour assurer une protection similaire (Piotrowski et Inskip, 1981). Le mécanisme de l'interaction du sélénium et de la toxicité du méthylmercure chez les animaux n'a pas été encore précisé et si la consommation d'espèces marines présentant des niveaux élevés de méthylmercure s'accompagne souvent de l'ingestion concomitante de niveaux élevés de sélénium, l'effet protecteur du sélénium sur l'être humain n'est pas encore démontré (Saliba et Silano, 1982).

76. L'évaluation des risques pour la santé du fait de la consommation de crustacés et de mollusques dans la région méditerranéenne, entraînant ultérieurement la mise au point de critères de salubrité de l'environnement applicables à la présence du mercure dans les fruits de mer, ne peut être réalisée qu'une fois acquises des données détaillées sur les concentrations de mercure dans les produits de la mer (ainsi que dans l'environnement général), sur les schémas de consommation et leur corrélation avec des études épidémiologiques appropriées. Ces études, qui viennent d'être entreprises par l'OMS/PNUE dans le cadre de la composante "recherche" de MED POL - Phase II, devraient permettre d'identifier les groupes à haut risque pour lesquels on a déjà certaines indications (Nauen et al., 1982) et amener les Gouvernements à prendre les mesures législatives qui s'imposent.

Récapitulation

77. La région méditerranéenne est assez exceptionnelle quant à sa richesse en dépôts de mercure; certains font l'objet d'activités extractoires dont la production représente 50% du mercure extrait dans le monde. Les activités anthropogènes et plus particulièrement l'exploitation minière ont peut-être grandement accru les altérations et, partant, l'apport de mercure dans l'environnement marin de la Méditerranée. La question de la disponibilité de ce mercure aux fins de biométhylation et de bio-accumulation n'a pas encore été bien étudiée.

78. Compte tenu du degré de précision des données existantes, on ne saurait conclure que les niveaux de mercure en haute mer Méditerranée et dans les sédiments profonds soient significativement plus élevés qu'en plein océan. Il en va de même pour les données limitées qui existent sur les niveaux de mercure présent dans les organismes planctoniques. Les espèces pélagiques de

la Méditerranée, en particulier les thonidés et Sarda sarda ont indubitablement des charges corporelles plus élevées que les espèces océaniques. Cependant, les mécanismes de cette accumulation ne sont pas clairs.

79. Des niveaux élevés de mercure dans l'environnement marin sont manifestes dans les secteurs anormaux du point de vue de la présence de mercure, dans les sites d'extraction minière, au voisinage des usines de production de chlore et de soude ainsi que, dans certains cas, dans les secteurs recevant des effluents industriels et des eaux usées ménagères. Des concentrations élevées ont été signalées par de nombreux chercheurs dans l'eau, les sédiments et les organismes.

80. Les données compilées à ce jour grâce au Projet MED POL II ne constituent pas une base suffisante d'évaluation définitive du mercure présent en Méditerranée. Des échantillons provenant de secteurs témoins non pollués devraient être inclus dans les futures opérations de surveillance continue afin que l'on dispose d'une base de comparaison. Les zones de la Méditerranée n'ont pas été également couvertes, la plupart des données ayant été enregistrées pour le nord-ouest de la Méditerranée. L'analyse statistique des données compilées devrait être poursuivie, de même que l'étude des corrélations des concentrations de mercure par rapport à la taille corporelle et ce, pour différents sites géographiques. On pourrait alors établir des liens entre les concentrations élevées et des sources spécifiques de mercure.

LUTTE CONTRE LA POLLUTION PAR LE MERCURE DES PRODUITS HALIEUTIQUES DE LA MEDITERRANEE

Production et consommation de poisson

81. La consommation annuelle moyenne par habitant pour le poisson (le terme recouvre tous les organismes aquatiques comestibles), exprimée en kg (équivalent de poids vif), pour la période triennale de 1978 à 1980, dans chacun des pays méditerranéens est donnée au Tableau 7. Le principal pays consommateur est l'Espagne (34,2), suivi de la France (23,8), de Malte (17,5) et de la Grèce (16,7). L'Algérie (2,1) et la Syrie (2,0) sont les plus faibles consommateurs.

82. Les chiffres du Tableau 7 ont été établis en divisant l'offre totale de poisson dans chaque pays par le nombre d'habitants. Les chiffres totaux pour l'offre de poisson, peuvent être ventilés entre : a) les captures méditerranéennes, b) les captures extérieures à la Méditerranée proprement dite et c) les importations nettes. Pour 1980, ces informations sont données au Tableau 8. La colonne 2 de ce tableau montre la proportion totale, c'est-à-dire les captures en provenance de tous les fonds de pêche du monde, y compris les poissons d'eau douce. A la colonne 3 figurent les importations nettes de poisson pour chaque pays. L'offre totale de poisson est la somme des chiffres figurant aux colonnes 2 et 3. La colonne 4 ne donne que les captures en provenance de la Méditerranée, à l'exclusion de celles originaires de la mer Noire (pour les captures de la Turquie).

Tableau 7

Consommation moyenne de poisson en kg/habitant/an
(1978-1980)

Algérie	2.1	Liban	3.1
Chypre	7.8	Libye	6.7
Egypte	4.6	Malte	17.5
Espagne	34.2	Maroc	5.5
France	23.8	Syrie	2.0
Grèce	16.7	Tunisie	8.0
Israël	15.0	Turquie	5.3
Italie	12.9	Yugoslavie	3.1

83. Pour les autres colonnes du tableau, on a une ventilation des captures méditerranéennes par principales espèces ou groupes d'espèces, du point de vue de la production.

84. On peut faire les observations suivantes, concernant l'offre totale de poisson :

- a) Trois pays seulement (Maroc, Tunisie et Turquie) ont été exportateurs nets en 1980. Tous les autres pays ont importé du poisson. Dans certains cas, les importations ont excédé la production totale du pays (Chypre, Liban, Libye, Malte et Syrie).
- b) Environ la moitié des pays pêchent aussi en dehors de la Méditerranée proprement dite. Dans de nombreux cas, les mises à terre provenant de secteurs de pêche autres que la Méditerranée proprement dite représentent une proportion élevée de la production totale. Exemple : France (94,1%), Maroc (91,6%), Turquie (90,3%), Espagne (88,2%), Israël (85,6%).
- c) Si l'on suppose que les importations viennent de fonds de pêche situés ailleurs qu'en Méditerranée (ce qui est sans doute correct), aucun des pays (à l'exception de la Tunisie) n'est uniquement tributaire du poisson de la Méditerranée. Sur la base de cette hypothèse, des calculs ont été effectués pour déterminer quelle est la part de poisson consommé qui provient effectivement de la Méditerranée. On trouvera au Tableau 9 les résultats pour 1980. Une étude de ces chiffres met en évidence des différences significatives entre les différents pays quant à la consommation de poisson capturé en Méditerranée par rapport à la consommation totale de poisson.

Tableau 8

Captures nominales et importations nettes de poisson (en tonnes) en Mer Méditerranée (1980)

Pays	Production totale	Importations nettes	Captures en Méditerranée	Clupéides (sardines)	<i>Engraulis encrasicolus</i> (anchovy)	Carangides (<i>Trachurus</i>)	Auxides et autres thonidés	Gadiformes	Sparides	Mullidés	Céphalopodes
Algérie	38 678	69	38 678	22 773	3 290	1 597	515	1 739	3 676	1 090	
Chypre	1 336	2 771	1 304			11	17	4	324	126	112
Egypte	140 397	47 502	19 939	6 501		100			2 162	1 576	743
Espagne	1 264 680	121 731	149 606	37 083	31 239	7 244	3 415	16 919	8 248	2 575	3 436
France et Monaco	793 458	299 557	46 800	15 393	2 448	812	1 701	3 706	1 684	276	1 735
Grèce	103 042	25 732	75 745	12 541	9 860	8 300	794	2 385	8 284	2 397	2 320
Israël	25 718	20 644	3 702	816		187		52	627	277	
Italie	447 696	209 701	352 631	47 712	79 282	8 126	4 299	14 895	12 950	8 134	31 937
Liban	2 500	7 713	2 400	800							
Libye	4 803	10 167	4 803	634			634	130	634		
Malte	1 023	4 223	1 023	3		192	43	40	118	7	26
Maroc	323 907	-59 857	27 316	9 403	7 127	3 205	56	50	3 871	185	174
Syrie	3 911	9 692	976	121		50	80	70	90	80	
Tunisie	60 154	-6 398	60 154	13 969	536	1 534	2 646	620	5 608	2 336	5 459
Turquie	426 855	-9 085	41 405	8 384	1 509	1 421	15 301	220	2 780	1 435	354
Yougoslavie	58 396	19 576	34 968	24 004	2 214	1 283	639	799	922	228	743
TOTAL	3 696 554	703 738	861 450	200 137	137 505	34 062	30 140	41 629	51 978	20 722	52 669

Sources : a) FAO, 1981. Annuaire statistique des pêches I) captures et quantités débarquées, Volume 52
ii) produits de la pêche, Volume 53

b) FAO/CCPM, Bulletin statistique No. 4

Tableau 9

Consommation de poisson en kg/habitant/an
(1980)

<u>Pays</u>	<u>Consommation annuelle</u>		
	<u>Total</u>	<u>Poisson d'origine méditerranéenne</u>	
Algérie	2.1	2.1	(100.0%)
Chypre	9.6	3.1	(32.3%)
Egypte	4.8	0.5	(10.4%)
Espagne	35.1	3.8	(10.8%)
France	24.3	1.0	(4.1%)
Grèce	16.5	9.7	(58.8%)
Israël	14.8	1.2	(8.1%)
Italie	13.2	7.1	(53.8%)
Liban	3.0	0.7	(23.3%)
Libye	7.8	2.5	(32.1%)
Malte	20.9	4.1	(19.6%)
Maroc	5.6	0.6	(10.7%)
Syrie	2.1	0.2	(9.5%)
Tunisie	8.1	8.1	(100.0%)
Turquie	5.4	0.5	(9.3%)
Yougoslavie	3.0	1.3	(43.3%)

85. Il faut tenir compte aussi du fait que les chiffres donnés dans les différents tableaux représentent des poids vifs; tout cela n'est pas consommé, notamment pour les mollusques et les crustacés.

Dispositions législatives nationales et accords internationaux pertinents

86. L'intoxication mercurielle qui s'est produite dans les zones de Minimata et de Niigata (Japon), entre 1953 et 1960, en Irak (1956, 1960 et 1971), et ailleurs, a incité les Gouvernements à se préoccuper des risques encourus par les populations humaines du fait de la consommation de produits alimentaires contaminés par du mercure, notamment (mais non uniquement) des produits halieutiques. A cet égard, on s'est efforcé de déterminer les sources et les niveaux de mercure dans l'environnement, notamment en relation avec la contamination alimentaire, et d'établir des mesures réglementaires de contrôle du mercure dans différentes parties de l'environnement, aux fins de la protection sanitaire des populations en général. La question de l'exposition professionnelle au mercure, qui présente un risque très élevé pour un secteur limité de la population, est hors de notre propos.

87. Le poisson et les autres produits de la mer ont été déterminés comme constituant la principale et parfois la seule source d'ingestion de mercure pour la plupart des individus contrôlés. En conséquence, l'approche réglementaire de la prévention et le contrôle de la consommation de produits contaminés ont jusqu'à présent essentiellement visé à limiter les niveaux de mercure présents dans le poisson, les crustacés, les mollusques et les produits dérivés, destinés à la consommation humaine. La lutte contre le problème, dès la source, c'est-à-dire en limitant les émissions anthropogènes de mercure dans l'environnement a été jugée secondaire. A cet égard, s'agissant des mesures réglementaires qui ont été adoptées, du fait de la limitation actuelle des connaissances quant aux causes et aux effets du mercure dans l'environnement physique et dans les organismes vivants, il a fallu incorporer un facteur de sécurité significatif dans les normes et les critères appliqués, afin d'assurer la protection de la santé humaine.

88. Dans le cadre des études préliminaires visant à déterminer la nécessité d'établir des niveaux maximums de mercure dans les denrées alimentaires, un certain nombre de pays ont procédé à des enquêtes sur l'ingestion alimentaire de leur population. Des études particulières, concernant les niveaux de mercure présents dans le poisson et la quantité de poisson consommée par les populations de la zone méditerranéenne, ont été réalisées en France et en Italie.

89. Le Tableau 10 met en évidence les normes et les critères appliqués par un certain nombre de pays méditerranéens, sur la base des réponses à certaines demandes spécifiques d'information. On constatera que les limites appliquées par les pays dotés d'une législation en la matière varient entre 0,5 et 0,7 mg de mercure/kg de chair de poisson ou de produits de la mer. Selon certaines indications, dans quelques-uns des pays ayant promulgué une législation nationale ad hoc, lorsque des facilités de contrôle existent au titre des règlements sanitaires généraux, les normes appliquées dans d'autres pays ou recommandées par des organisations internationales ont été appliquées. On ne dispose cependant pas d'informations spécifiques sur ce point.

90. La Commission des Communautés européennes a publié en 1982 une Directive du Conseil sur les valeurs limites et les objectifs de qualité applicables aux déversements de mercure par l'industrie de production par électrolyse de chlore et de soude. Les objectifs de qualité, précisés dans l'Annexe II à cette Directive, sont rappelés ci-après :

- 1.1 La concentration de mercure dans un échantillon représentatif de chair de poisson, choisi en tant qu'indicateur, ne devra pas dépasser 0,3 mg/kg de chair humide;
- 1.2 La concentration totale de mercure dans les eaux intérieures de surface, affectée par des émissions ne devra pas dépasser 1 µg/l, calculé comme la moyenne arithmétique des résultats obtenus en un an;
- 1.3 La concentration de mercure en solution dans les eaux d'estuaires affectées par des déversements ne devra pas dépasser 0,5 µg/l, calculé comme la moyenne arithmétique des résultats obtenus sur un an;

Tableau 10

Limites maximales pour les pays méditerranéens des niveaux de mercure admissibles dans les produits de la mer

<u>Pays</u>	<u>Année d'entrée en vigueur</u>	<u>Concentrations maximum admissibles de mercure</u>	<u>Observations</u>
Albanie	*	*	*
Algérie	*	*	*
Chypre	-	-	-
Egypte	*	*	*
Espagne	1973	0.5 mg/kg	En vigueur pour les produits de la pêche frais, réfrigérés et congelés de 5 kg au moins, et pour tous les produits de la pêche conservés ou traités.
France	1976	0.5 mg/kg	Tous les poissons, crustacés et mollusques, sauf thonidés et espadons.
	-	0.7 mg/kg	Thonidés et espadons. Pas de législation mais des prélèvements aléatoires sur les espèces importantes. Les spécimens dépassant les limites sont retirés du marché. Les niveaux ci-dessus indiqués s'appliquent aux produits locaux et importés.
Grèce	1974	0.7 mg/kg (méthylmercure)	Limite pour tous les produits de la mer capturés localement ou importés et destinés à la consommation locale. Application par pratique vétérinaire. Nouvelle législation en préparation.
Israël	*	0.5 mg/kg	Niveau maximum pour les poissons d'origine locale et d'importation. Les thonidés font l'objet d'une vigilance particulière. Nouvelle législation en préparation.

- pas de normes en vigueur

* pas d'informations disponibles

(suite)

Tableau 10 (suite)
 Limites maximales pour les pays méditerranéens des niveaux de mercure
 admissibles dans les produits de la mer

<u>Pays</u>	<u>Année d'entrée en vigueur</u>	<u>Concentrations maximum admissibles de mercure</u>	<u>Observations</u>
Italie (suite)	1971	0.7 mg/kg	En vigueur pour le poisson et les produits de la pêche importés de pays extérieurs à la zone CEE.
	1976	0.7 mg/kg	En vigueur pour le thon congelé (<i>Thunnus thunnus</i>) et autres thonidés d'origine locale et CEE.
	1978	0.7 mg/kg	En vigueur pour les mollusques bivalves de production locale.
	1980	0.7 mg/kg	En vigueur pour les requins et chiens de mer frais.
Liban	*	*	*
Libye	*	*	*
Malte	*	*	*
Monaco	*	*	*
Maroc	*	*	*
Syrie	*	*	*
Tunisie	*	*	*
Turquie	-	-	L'analyse des sardines, anchois et des thons en boîte a fait apparaître des concentrations de mercure inférieures aux "niveaux d'action" applicables dans la plupart des pays, d'où il est apparu qu'actuellement aucune législation n'est nécessaire.
Yugoslavie	1978	-	Pas de normes réelles. La législation porte sur la qualité d'ensemble du poisson.

- pas de normes en vigueur

* par d'informations disponibles

- 1.4 La concentration de mercure en solution dans les eaux de mer territoriales et les eaux côtières intérieures autres que les eaux d'estuaires affectées par des déversements ne devra pas excéder 0,3 µg/l, calculé comme la moyenne arithmétique des résultats obtenus en un an;
- 1.5 La qualité des eaux doit être suffisante pour répondre aux impératifs de toute autres Directive du Conseil, applicable à ces eaux quant à la présence de mercure.
2. Les concentrations de mercure dans les sédiments ou les crustacés et les mollusques ne doivent pas augmenter sensiblement dans le temps.
3. Lorsque plusieurs objectifs qualitatifs s'appliquent aux eaux d'une région, la qualité de ces eaux doit être suffisante pour répondre à tous ces objectifs.
4. Les valeurs numériques des objectifs qualitatifs précisés en 1.2, 1.3 et 1.4 peuvent, à titre exceptionnel et lorsque cela est indispensable pour des motifs techniques, être multipliées par 1,5 jusqu'au 30 juin 1986, à condition que la Commission en ait reçu notification au préalable.

91. On s'attendrait à ce que les habitudes de consommation de poisson varient entre différentes populations et sous-groupes et que les niveaux de mercure dans les produits de la mer diffèrent selon les espèces. La meilleure façon de résoudre le problème devrait donc tenir compte des niveaux d'ingestion de mercure. Il serait toutefois malaisé de modifier les préférences gustatives, en particulier lorsque le poisson constitue une source de protéines aisément accessible, alors qu'il n'y a pas de produit de substitution à portée.

Justification scientifique de l'adoption de critères régionaux pour la qualité de l'environnement, applicables au mercure

92. Actuellement, toute évaluation précise des risques pour la santé du fait de la consommation de produits de la mer Méditerranée est difficile, car les données disponibles pour les secteurs de populations susceptibles d'ingérer des quantités de mercure dépassant les niveaux admissibles sont très limitées. Il est cependant généralement admis que l'ingestion du méthylmercure présent dans les produits de la mer peut constituer un risque sanitaire pour certains secteurs de la population. A cet égard, le principal critère international concernant l'ingestion a été établi en 1972 par un comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires, en termes d'ingestion hebdomadaire admissible. Celle-ci a provisoirement été établie à 0,3 mg de mercure total par personne, dont un maximum de 0,2 mg sous forme de méthylmercure (exprimé en équivalent de mercure). Ces quantités sont équivalentes à 5 µg et 3,3 µg, respectivement, par kg de poids corporel. On a considéré qu'une ingestion de cet ordre ne devrait pas constituer un risque significatif pour la santé.

93. Sur la base des concentrations de mercure présentes dans les produits de la mer Méditerranée (cf. Tableau 5), et dans l'hypothèse où tout (100%) le mercure présent dans les produits de la mer l'est sous forme de méthylmercure, on peut établir les conclusions hypothétiques ci-après. A cet égard, l'expression "consommation en conditions de sécurité" est interprétée comme signifiant que la consommation dans les limites décrites ne devrait pas provoquer d'effets significatifs pour la santé.

- a) Pour la plupart des produits de la mer, les concentrations moyennes les plus élevées qui aient été enregistrées étaient tout juste inférieures à 0,25 mg de mercure par kg (poids de matière humide) de poisson. Compte tenu des chiffres plus élevés enregistrés pour un certain nombre de spécimens à titre de facteurs de sécurité, on n'envisagerait pas que la quantité moyenne de mercure consommé dans le poisson sur une longue période dépasse 0,3 mg/kg, poids de matière humide. Ainsi, un repas de 150 grammes équivaldrait en moyenne à une concentration de méthylmercure de 45 µg. Pour un adulte de poids normal (70 kg), cela signifie que la dose maximale admissible ne serait pas dépassée dans l'hypothèse d'une consommation à peine inférieure à quatre repas hebdomadaires à base de poisson (10 à 20% de la dose admissible pouvant de la sorte résulter d'une ingestion de méthylmercure d'autre provenance).
- b) Dans le cas du maquereau (Scomber scombrus) et du germon, les concentrations de mercure étaient de 0,335 et 0,262 mg/kg, respectivement (poids de substance humide). Sur la base de ces chiffres, et compte tenu des calculs décrits en a) ci-dessus, la dose maximale admissible ne serait pas dépassée en trois repas par semaine à base de poisson. Il en serait de même dans le cas de la crevette rose (Parapenaeus longirostris), avec une concentration moyenne de 0,345 mg/kg. Par ailleurs, l'auxide et le thon rouge de l'Atlantique contenaient 1,15 et 1,05 mg/kg, respectivement, de mercure et leur "consommation en conditions de sécurité" devait donc être limitée à un repas par semaine. Il en est de même pour la langoustine.
- c) Le rouget barbet et le rouget de roche doivent être classés dans une catégorie intermédiaire, les concentrations moyennes enregistrées étant respectivement de 0,69 et 0,426 mg/kg. Leur "consommation en conditions de sécurité" équivaut donc à un et demi et deux repas par semaine, respectivement.
- d) Les teneurs moyennes de mercure de l'espadon sont de 1,20 à 1,80 mg/kg de substance humide (sur la base de très rares spécimens analysés). Cela classe l'espadon à un niveau plus élevé que l'auxide, le thon et la langoustine et la limite de "consommation en conditions de sécurité" serait alors inférieure à un repas par semaine, à supposer que les chiffres (fondés sur des données très limitées) soient réellement représentatifs.

94. Tout ce qui précède ne peut, au mieux, que représenter des généralités, car il faut tenir compte des éléments ci-après : a) la disparité énorme des concentrations entre différents individus de la même espèce, b) le nombre

relativement limité d'espèces analysées dans la plupart des cas et, c) les schémas de consommation. En tout état de cause, à supposer que l'on prenne pour base les hypothèses ci-dessus, la consommation de poisson devrait être plus restreinte chez les adultes ayant un poids corporel inférieur à la normale et chez les enfants, si l'on souhaite ne pas dépasser la dose maximale admissible.

95. Toutefois, de ces calculs il semble ressortir que l'ensemble des populations méditerranéennes n'ingère sans doute que peu de méthylmercure et ne court donc qu'un risque négligeable. A cet égard, il faut tenir compte d'un autre facteur, à savoir la mesure dans laquelle les consommateurs de la zone méditerranéenne consomment des produits de la pêche provenant de sources extérieures à la région, d'où, sans doute, une ingestion plus réduite de méthylmercure, encore que l'ampleur du phénomène soit inconnue.

96. La consommation individuelle annuelle moyenne de poisson, de crustacés et de mollusques de la région méditerranéenne varie entre 2,0 et 34,2 kg. Dans certains secteurs, la consommation individuelle annuelle est parfois bien plus élevée.

97. Compte tenu de ces différences dans la consommation de produits de la mer et des concentrations élevées de mercure constatées dans le poisson de certains secteurs de la Méditerranée, on peut distinguer cinq groupes de consommateurs :

- 1) Les populations générales, consommant des quantités moyennes ou inférieures à la moyenne, de poisson, dans les secteurs où des teneurs moyennes en mercure sont constatées dans le poisson. Pour ce groupe, l'ingestion maximum de méthylmercure semblerait ne pas dépasser 0,2 mg (PNUE, 1978).
- 2) Les populations générales, dans les régions où de fortes concentrations de mercure ont été observées dans le poisson. Si l'on se fonde sur l'hypothèse d'une consommation individuelle hebdomadaire de poisson d'origine locale de l'ordre de 0,5 à 0,7 kg pour des concentrations de 1200 µg/kg (concentration moyenne pour Mullus barbatus sur les côtes de Toscane), l'ingestion moyenne est de 0,6 à 0,8 mg.
- 3) Des groupes à haut risque consommant des quantités de produits de la mer supérieures à la moyenne. Ces groupes dépassent peut-être la consommation maximum hebdomadaire de mercure signalée (PNUE, 1978). Nauen et al., (1982) rapportent aussi qu'un nombre notable de personnes, dans trois villages italiens, avaient dépassé la dose maximum hebdomadaire.
- 4) Des groupes à haut risque consommant des quantités supérieures à la moyenne de produits de la mer, dans les zones où des concentrations élevées de mercure sont constatées dans le poisson. Il n'est pas douteux que ces groupes dépassent la dose maximale hebdomadaire de mercure.
- 5) Les groupes ayant des habitudes alimentaires particulières, par exemple ceux qui manifestent une préférence pour les thonidés.

98. Il conviendrait de prêter une attention particulière à ces groupes à haut risque, ainsi qu'aux femmes en âge de procréer, car on considère que la vie prénatale est le stade biologique le plus sensible au méthylmercure.

99. On ne dispose que de très peu d'informations quant aux niveaux de méthylmercure ingérés par les secteurs de populations supposés être "à risque". Il ressort de données relatives à l'Italie (Nauen et al., 1982) que certaines consommations pourraient atteindre 3,5 µg/kg de poids corporel par jour, c'est-à-dire 1,7 mg/70 kg/semaine. Il est évidemment indispensable d'étudier plus en détail l'ingestion de mercure de ces groupes critiques, particulièrement dans les zones où se produisent de fortes consommations de mercure; il faudrait procéder aussi à l'examen des concentrations de mercure dans le sang ou les cheveux. En outre, il conviendrait de réaliser de nouvelles recherches sur l'effet du sélénium du point de vue de la réduction de la toxicité du mercure (Piotrowski et Inskip, 1981).

100. Des mesures effectuées dans plusieurs villages de pêcheurs en Italie, dans le cadre de la surveillance continue biologique du mercure dans les cheveux et/ou le sang ont mis en évidence des concentrations le plus souvent inférieures aux niveaux critiques, cependant supérieures aux valeurs recommandées (Pacagnella et al., 1974; Bacci et al., 1976; Riolfatti, 1977). Dans presque tous les cas, aucun effet neurologique n'a été observé, alors même que certains des sujets présentaient des doses de mercure associées aux symptômes cliniques les plus précoces. Il se pourrait que les données complémentaires aient été compilées dans d'autres pays méditerranéens, sans être toutefois disponibles sous forme publiée. Dans l'ensemble, cependant, de très rares études seulement ont été réalisées.

101. Les principales lacunes des connaissances existantes, récapitulées à la suite des séries de réunions et de groupes de travail d'experts tenues en 1979 et 1980 portent sur les secteurs ci-après :

- 1) données d'observation biologique des niveaux de mercure chez les populations à forte absorption de méthylmercure;
- 2) schémas de la consommation de produits de la mer dans différents secteurs du bassin méditerranéen, y compris variations saisonnières;
- 3) sources anthropogènes de mercure et autres polluants choisis, et leur contribution à la présence de méthylmercure dans le poisson;
- 4) concentrations de méthylmercure dans différents types de produits de la mer, pour certains secteurs de la Méditerranée; et
- 5) identification des populations ayant une ingestion relativement élevée de méthylmercure; estimation de leur importance numérique.

102. Le projet récemment entrepris sur l'évaluation du méthylmercure et des risques pour la santé y relatifs parmi les populations méditerranéennes vise à combler dans toute la mesure possible les lacunes précitées. En outre, les informations ci-après devraient être recueillies aux fins de l'évaluation de la pollution mercurielle globale dans le bassin méditerranéen :

- 1) apports et débits de mercure, y compris échangés avec l'atmosphère;
- 2) passage (entrée et sortie) du mercure dans les sédiments;
- 3) distribution du mercure dans les carottes de sédiments;
- 4) concentrations de différentes formes chimiques du mercure dans les organismes, l'eau et les sédiments en haute mer Méditerranée;
- 5) concentrations de mercure dans la colonne d'eau, pour différentes masses d'eau de la Méditerranée;
- 6) caractéristiques migratoires et habitudes alimentaires des thonidés et d'autres espèces pélagiques;
- 7) allongement de la chaîne alimentaire.

103. Les renseignements suivants devraient être recueillis en vue de l'évaluation de la pollution mercurielle locale, au voisinage de sites d'extraction minière ou d'usines de fabrication de chlore et de la soude, qui constituent une source anthropogénique majeure :

- 8) niveaux de mercure chez les organismes marins dans les zones côtières polluées et des zones témoins;
- 9) mécanismes de l'accumulation du mercure dans les biotes marins;
- 10) resolubilisation du mercure déposé dans des sédiments pollués.

104. Il a été prévu de réaliser toutes les études précitées, à l'exception de (6), dans le cadre des activités appropriées de la composante "recherche" de MED POL - Phase II.

105. La Consultation chargée de réexaminer les critères OMS d'hygiène de l'environnement applicables au mercure (Genève, 21-25 avril 1980), ainsi que des études ultérieures, ont permis de reconnaître que la dose hebdomadaire admissible, fixée à titre provisoire par le Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires, soit 200 µg de méthylmercure, sur un total de 300 µg de mercure, pour un individu pesant 70 kg, demeure valable à titre de recommandation, à la lumière des données actuellement disponibles. Sur la base des données actuelles dont il a déjà été fait état concernant la consommation de poisson dans la Méditerranée et les teneurs en méthylmercure signalées dans le poisson, on considère que la grande majorité de la population a une ingestion de mercure largement inférieure à la dose hebdomadaire admissible. Dans ces conditions, il ne semblerait pas que la population générale coure un risque généralisé et il ne semblerait donc pas nécessaire d'imposer à l'échelle régionale une limite supérieure légale pour les niveaux de mercure présents dans les organismes marins comestibles.

106. Etant donné néanmoins que des secteurs limités de la population du bassin méditerranéen ingèrent, par l'intermédiaire des produits de la mer, des quantités de méthylmercure en excédent de la dose hebdomadaire admissible, il serait judicieux de limiter l'ingestion totale de méthylmercure provenant des

produits de la mer, afin de protéger ces secteurs de la population. Il faut admettre que toute mesure en ce sens peut dépendre de la disponibilité de données appropriées. Dans ces cas, on pourrait envisager les lignes de conduite ci-après :

- a) détermination de critères de qualité de l'environnement applicables à la présence de mercure dans les produits de la pêche, sur la base de l'éventail actuel des normes existant dans les pays européens et ailleurs, soit pour tous les produits de la mer, soit pour certaines espèces;
- b) détermination de critères de qualité de l'environnement concernant la présence de mercure dans d'autres parties de l'écosystème marin, susceptible d'entraîner l'interdiction ou la limitation de certaines activités de pêche et/ou la limitation des déversements de mercure anthropogènes dans certaines zones où les niveaux de mercure environnementaux sont exceptionnellement élevés;
- c) avis sur l'absorption alimentaire, y compris :
 - (i) choix des espèces et/ou de la taille du poisson admis à la consommation;
 - (ii) fréquence et nombre des repas à base de poisson;
 - (iii) sources variées de protéines.

107. Les avantages et les inconvénients des différentes mesures sont récapitulés au Tableau 11.

108. Presque toutes les espèces marines propres à la consommation humaine risquent de présenter des niveaux largement accrus de méthylmercure lorsqu'elles sont capturées dans des zones adjacentes à des déversements de mercure anthropogène, il importe donc de réduire dans toute la mesure possible de telles sources de contamination. Cependant, compte tenu de la présence de sources naturelles de mercure dans le bassin méditerranéen, cette mesure n'a guère de chances d'être efficace du point de vue du problème général du mercure dans la Méditerranée, à moins qu'elle ne soit associée à d'autres. Tout effet pour la santé résulte de l'absorption totale de mercure, laquelle est elle-même fonction des niveaux présents dans les produits de la mer, de la quantité ingérée par repas et de la fréquence de ces repas. Comme on l'a indiqué, il n'est pas possible d'éliminer complètement le méthylmercure du poisson alimentaire. Cependant, chaque fois que l'on est en présence de signes d'ingestion de mercure en excédent de la dose hebdomadaire admissible, provisoirement recommandée par le Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires, celle-ci devrait être réduite par des modifications appropriées du régime alimentaire.

Tableau 11

Avantages et inconvénients de différentes mesures susceptibles d'être prises pour réduire l'ingestion de mercure par les populations vulnérables

Mesures administratives	Avantages	Inconvénients
I. Mesures concernant la pêche (indirectes)		
Elaboration de normes pour tous les produits de la mer	Manipulation égale pour tous les produits de la mer; Coût élevé du système de surveillance continue en tant qu'élimination de denrées présentant des niveaux de contaminants plus élevés que les niveaux prescrits en application des usages commerciaux	Coût élevé du système de surveillance continue en tant qu'application préalable à l'application; chances réduites d'application par ceux qui ont directement accès aux ressources (pêcheurs); donc, effets protecteurs réduits pour la santé et effet négatif sur la pêche et la commercialisation des produits de poisson en général
Elaboration de normes pour certaines espèces	Mesures plus spécifiques, visant uniquement les espèces pertinentes. Coûts de mise en oeuvre relativement faibles	A l'exception du coût de la mise en oeuvre, désavantages comme ci-dessus
Restrictions de la taille des poissons autorisés aux fins de la consommation humaine, pour certaines espèces dont on sait que leur teneur en mercure est fonction de la taille	Réduction de la quantité de denrées qu'il faut éliminer du marché ou rejeter des captures; réduction des coûts de mise en oeuvre; pourrait être réalisé partiellement grâce à une réglementation du maillage	Mise en oeuvre malaisée par suite du prix élevé des gros spécimens
Interdiction ou restriction de la pêche dans certains secteurs	Exclusion ou réduction sélective de la disponibilité pour les consommateurs de certains produits de la pêche provenant de "zones chaudes"	Mise en oeuvre malaisée et coûteuse si de nombreuses zones sont affectées; en outre, un effet secondaire possible de la réduction de la pression de pêche dans ces secteurs pourrait consister en une augmentation : a) de la taille moyenne de certains spécimens et b) de la population piscicole totale, avec migrations subseqentes par suite de concurrence accrue entre espèces
II. Mesures concernant les déversements anthropogènes de mercure (indirectes)		
Limitation des déversements anthropogènes de mercure	Réduction du nombre de "zones chaudes" anthropogènes dans lesquelles les produits de la mer tendent à présenter des niveaux élevés de mercure par suite des déversements pollués	Les déversements anthropogènes de mercure entrent pour une part mineure dans la quantité de mercure total présente en Méditerranée; les mesures de contrôle portant sur les sources seulement ne sauraient résoudre ce problème
III. Mesures concernant la consommation de produits de la mer (directes)		
Avis sur l'ingestion alimentaire : choix des espèces	Aucun nécessité d'éliminer aucun poisson, crustacé ou mollusque par suite de leur teneur en mercure; mais il faut élargir la distribution des espèces dont on sait qu'elles contiennent un niveau élevé de mercure, en les remplaçant dans toute la mesure possible par des espèces contenant des niveaux moindres de mercure	Les modes de consommation alimentaire sont en général très conservateurs et les préférences gustatives sont particulièrement malaisées à modifier; suppose des campagnes d'information coûteuses si l'on vise des populations importantes
Avis sur l'ingestion alimentaire : fréquence des repas à base de poisson et autres sources de protéines disponibles	Comme ci-dessus : réduire la fréquence de la consommation, notamment pour les espèces à forte charge mercurielle et les remplacer par d'autres sources de protéines. Faisable pour les sous-populations particulièrement vulnérables	Compte tenu de la grande accessibilité et du faible coût, une réduction de la consommation totale de produits de la mer ou de certaines espèces est difficile à réaliser, à moins que le message ne "passe" de façon convaincante et que d'autres espèces de poissons à niveau de mercure moindre, ou d'autres sources de protéines ne deviennent aussi facilement accessibles

Critères proposés pour la qualité de l'environnement applicables au mercure présent dans les produits de la mer Méditerranée

109. Sur la base des résultats et de l'expérience acquise dans le cadre du Projet pilote mixte FAO/PNUE sur les études de base et la surveillance continue des métaux et notamment le mercure et le cadmium dans les organismes marins (MED POL II) et conformément à la revue précitée des justifications scientifiques actuelles, on trouvera ci-après des critères de qualité de l'environnement, proposés par la FAO/OMS/PNUE, pour le mercure et destinés à être appliqués à titre transitoire aux produits de la mer d'origine méditerranéenne. "Les produits de la mer d'origine méditerranéenne sont considérés comme ne présentant pas de risque lorsqu'ils sont consommés par la population générale, à condition de ne pas dépasser la dose hebdomadaire admissible provisoirement adoptée par le Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires, soit 300 µg de mercure, dont 200 µg au maximum devraient se présenter sous forme de méthylmercure, pour une personne pesant 70 kg. Le respect de ce critère transitoire sera établi par l'examen d'échantillons des espèces pertinentes de produits de la mer, prélevés à intervalles trimestriels pour en déterminer la teneur en mercure et compte tenu des schémas de consommation de produits de la mer.

110. La méthode de référence recommandée pour adoption, en liaison avec le dosage du mercure dans les produits de la mer est la suivante :

PNUE/FAO/AIEA : Dosage du mercure total dans certains organismes marins par spectrophotométrie d'absorption atomique sans flamme.
Méthodes de référence pour les études sur la pollution marine, no 8, PNUE, 1982.

111. Si l'on peut considérer que le grand public est temporairement sauvegardé grâce à l'observation régulière des produits de la mer et des schémas de consommation, le problème des secteurs de la population dont on sait ou soupçonne qu'ils sont vulnérables n'en demeure pas moins. Avant de prendre les mesures nécessaires pour protéger ces secteurs particuliers, il faut établir l'ampleur et l'étendue du problème. Parmi les activités nécessaires, conçues pour obtenir des informations pertinentes, dont on prévoit qu'elles seront effectuées notamment par l'intermédiaire du Projet MED POL - Phase II, on citera :

- la compilation des données nationales existant sur la question, afin d'obtenir une indication des zones et des localités de la région dont on peut considérer que leur population est effectivement ou potentiellement menacée;
- la réalisation d'enquêtes alimentaires auprès des populations, sur leur consommation de produits de la mer et l'évaluation de leur ingestion de méthylmercure vu les résultats des enquêtes et des données dont on dispose concernant les doses de mercure présentes dans les produits de la mer;
- la réalisation d'études visant à : a) établir une relation entre les quantités de mercure total et de méthylmercure présentes dans certaines espèces méditerranéennes de produits de la mer et b) obtenir une indication sur l'effet de la cuisson sur la teneur en méthylmercure des produits de la mer;

- l'échantillonnage et l'analyse des cheveux humains et, le cas échéant, d'autres tissus, en vue de doser le mercure total et le méthylmercure, chez les populations cibles enquêtées;
- La réalisation d'études épidémiologiques cliniques appropriées sur certains sous-groupes déterminés dans les échantillons de populations, afin d'étudier une corrélation entre les niveaux de mercure et effets pour la santé.

MESURES RECOMMANDEES A L'ADOPTION DES PARTIES CONTRACTANTES

112. Comme on l'a vu plus haut dans le présent document, selon tous les éléments dont on dispose sur la base des concentrations actuelles de mercure présentes dans les produits de la mer Méditerranée et de la consommation générale de fruits de mer dans la région, le grand public ne saurait être considéré comme menacé. On estime donc qu'au stade actuel, l'imposition de limites maximales pour les concentrations de mercure présentes dans les fruits de mer, sur une base régionale commune, ne serait pas justifiée. Les pays qui, à titre individuel ne les appliquent pas encore peuvent cependant envisager d'en adopter si les circonstances nationales l'exigent.

113. Sur la base de l'évaluation de la qualité des produits de la mer Méditerranée considérant leur teneur de mercure telle que décrite ci-dessus, les recommandations ci-après sont soumises à l'examen du groupe de travail, pour transmission aux Parties Contractantes par le PNUE.

- a) Il est proposé à titre transitoire (cf. paragraphe 109) d'adopter les critères FAO/OMS/PNUE de qualité de l'environnement applicables au mercure présent dans les fruits de la mer Méditerranée et de les mettre en oeuvre autant que faire se peut par des moyens juridiques et/ou administratifs appropriés sur le plan national, en tant que mesures minimales communes de sauvegarde du grand public;
- b) La méthode de détermination du mercure total dans certains organismes marins par spectrophotométrie par absorption atomique sans flamme (Méthodes de Référence pour les études de pollution marine no 8, PNUE/FAO/AIEA, 1982) élaborée à l'appui des critères de qualité de l'environnement proposés à titre transitoire (cf. paragraphe 110) devrait être adoptée en tant que méthode de référence destinée à être utilisée en liaison avec ces critères;
- c) Inclure, dans toute la mesure possible, dans leurs programmes nationaux de surveillance continue au titre de MED POL - Phase II l'échantillonnage et l'analyse de toutes les espèces de produits de la mer dont on sait qu'ils accumulent du mercure;
- d) Limiter, autant que faire se peut, les déversements anthropogènes de mercure dans la mer Méditerranée jusqu'à ce que des normes d'émission applicables au mercure aient été formulées en conséquence de l'entrée en vigueur du protocole relatif à la protection de la mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique et, dans le contexte de l'Article 5 de ce protocole, entreprendre dès que possible l'élaboration des programmes et mesures nécessaires pour le mercure;

- e) Fournir au Secrétariat de la Convention les renseignements les plus complets possibles sur :
- la législation et les mesures administratives en vigueur concernant les critères nationaux existant pour les niveaux de mercure présents dans les fruits de mer;
 - les mesures prises au titre de a), c) et d) ci-dessus;
 - des données d'observation pertinentes à c) ci-dessus.
- f) Continuer d'appuyer pleinement la composante "surveillance continue et recherche" de MED POL - Phase II, pertinente à l'évaluation de la teneur en mercure des produits de la mer Méditerranée et aux dangers affectant tous les secteurs de la population du fait de la consommation de produits de la mer (cf. paragraphes 101 et 102), à savoir notamment :
- identification des groupes de population vulnérables;
 - enquêtes sur les schémas de consommation de produits de la mer chez ces populations;
 - enquêtes sur les doses de mercure présentes dans les groupes de population affectés;
 - études épidémiologiques en vue d'obtenir les informations nécessaires sur les rapports existant entre ingestion de mercure et effets pour la santé;
 - études sur les relations existant entre teneur en mercure total et méthylmercure des produits de la mer et effets de la cuisson sur ces doses;
 - études relatives aux cycles biogéochimiques du mercure en Méditerranée;
 - acquisition des données spécifiées aux paragraphes 102 et 103 du présent document.

REFERENCES

- Angela, G., R. Donazzolo, O. Heike-Merlin, L. Menegazzo-Vitturi, A.A. Orio, B. Pavoni, G. Perin, S. Rabitti (1980). Heavy metal contents in bottom sediments from the Gulf of Venice and comparisons on their nature. *V^{es} Journées Etud. Pollutions*, Cagliari, C.I.E.S.M. 399.
- Angelidis, M., A.P. Grimanis, D. Zafiropoulos, M. Vassilaki - Grimani (1980). Trace elements in sediments of Evoikos Gulf, Greece. *V^{es} Journées Etud. Pollutions*. Cagliari, C.I.E.S.M. 413.
- Arnoux, A., J.L. Monod, J. Tatossian, A. Blanc, F. Oppetit (1980a). La pollution chimique des fonds du Golfe de Fos. *V^{es} Journées Etud. Pollutions* Cagliari, C.I.E.S.M., 447.
- Arnoux, A., A. Blanc, A. Jorajuria, J.L. Monod, J. Tatossian (1980b). Etat actuel de la pollution sur les fonds du secteur de Cortiou Marseille. *Ibid*, 459.
- Arnoux, A., J.L. Monod, P. Bouchard, C.B. Airaudo (1980c). Evolution et bilan de la pollution des sédiments de l'étang de Berre. *Ibid*, 433.
- Aubert, M., P. Revillon, J.Ph. Breittmayer, G. Flatau, J. Aubert (1980). Métaux lourds en Méditerranée. Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Ministère de la Santé et des Affaires Sociales.
- Bacci, E., Angotzi, G., Bralia, A., Lampariello, L. and Zanette, E. (1976). Etude sur une population humaine exposée au méthylmercure par la consommation de poisson. *Rev. Int. Océanogr. Méd.* 41-42, 127-141.
- Bacci, E. *et al.* (1980). Mercury concentration in muscle, liver and stomach content in *Mullus barbatus* of the northern Tyrrhenian. *Regional Activity Centre - II Newsletter*, Zagreb, 2 (1): 5-10.
- Bakir, F., S.F. Damlougi, L. Amin-Zaki, M. Murtadha, A. Khalidi, N.Y. Al-Rawi, S. Tikriti, H.I. Dhahir, T.W. Clarkson, J.C. Smith, R.A. Doherty (1973). Methylmercury poisoning in Iraq. *Science*, 181, 230-241.
- Baldi, F., A. Renzoni, M. Bernhard (1978). Mercury in pelagic fishes (Anchovy, mackerel and sardine) from the Italian coast and strait of Gibraltar. *IV^{es} Journées Etud. Pollutions*. Antalya, C.I.E.S.M., 251.
- Balkas, T.I., I. Salihoglu, G. Tuncel, S. Tugrul, G. Ramelon (1978). Trace metals and organochlorine residue content of Mullidae family fishes and sediments in the vicinity of Erdemli (Icel) Turkey. *IV^{es} Journées Etud. Pollutions*, Antalya, C.I.E.S.M., 159.
- Bernhard, M. (1978). Heavy metals and chlorinated hydrocarbons in the Mediterranean Sea. *Ocean Management*, 3, 253.
- Bernhard, M. (1980). Sources and levels of contamination in the Mediterranean. *V^{es} Journées Etud. Pollutions*, Cagliari, C.I.E.S.M., 139.

- Bernhard, M. (1983). A mathematical model for mercury accumulation in Mediterranean tuna. Dahlem Conferens, March 1983.
- Bothner, M.H., R.A. Jahnke, M.L. Peterson, R. Carpenter (1980). Rate of mercury loss from contaminated estuarine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44, 273.
- Breder, R., H.W. Nurnberg, M. Stoeppler (1980). Toxic trace metal levels in water sediments from the Estuaries of the Southern Ligurian and Northern Tyrrhenian Coasts: a comparative study. *V^{es} Journées Etud. Pollutions, Cagliari, C.I.E.S.M.*, 285.
- Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources. Third Meeting of the Working Group on Mercury Pollution. Paris, 17-18 November 1981.
- Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land-based sources. Third Meeting of the Working Group on Mercury Pollution. Paris 17 - 19 November 1981.
- Bryan, G.W. (1976). Heavy metal contamination in the sea. Johnson, R. (Editor) *Marine Pollution*. Academic Press, London, 185.
- Buat-Menard, P., M. Arnold, D. Baron, H. Benard, R. Chesselet (1980). Particulate trace metal chemistry in the open ocean and the western Mediterranean: a comparative study. *V^{es} Journées Etud. Pollution, Cagliari, C.I.E.S.M.* 1005.
- Capelli, R., A. Cappiello, A. Franchi, E. Zanicchi (1980). Métaux lourds contenus dans certains organes de rougets (Mullus barbetus) et d'anchois (Engraulis encrasicolus) du golfe de Genes. *Ibid.* 269.
- Capelli, R., V. Contardi, A. Franchi, G. Zanicchi (1980a). Valeurs obtenues au cours de trois années des recherches sur les métaux lourds dans des organismes de la mer Ligure et considérations sur ce sujet. *Ibid.* 267.
- Clarkson, T.W., L. Amin-Zaki, S.D.K. Al-Tikriti (1976). An outbreak of methylmercury poisoning due to consumption of contaminated grain. *Fed. Proc.* 35 (12), 2395-2399.
- Coyne R.V. and J.A. Collins (1972). Loss of Mercury from water during storage. *Analytical Chemistry*, 44, 1093.
- Cumont, G., C. Viallex, H. Lelievre, P. Bobenrieth (1972). Contamination des poissons de mer par le mercure. *Rev. Int. Oceanogr. Med.* 28, 95.
- Cumont, G. et al. (1975). Bilan de la contamination des poissons de mer par le mercure. *Rev. Int. Oc anogr. Med.*, 27: 95-127.
- Donazzolo, R., O. Hicke-Merlin, L. Menegazzo-Vitturi, A.A. Orio, G. Perin, G. Semenzato (1978). Mercury contamination in sediments of Venice's Gulf Preliminary Results. *IV^{es} Journées Etud. Pollutions, Antalya, C.I.E.S.M.*, 245.

- El Sayed, M. Kh., Y. Halim (1978). Survey of the trace metals pollution in the sediments from the Alexandria region, Egypt: I. Mercury. IV^{es} Journées Etud. Pollutions, Antalya, C.I.E.S.M., 187.
- Elsokkary, I.H. (1978). Distribution and nature of heavy metals in some marine sediments of the Mediterranean Sea Coast, East of Alexandria, Egypt. Ibid. 183.
- FAO/UNEP (1981). MED POL II: baseline studies and monitoring of metals particularly mercury and cadmium, in marine organisms. In Coordinated Mediterranean Pollution Monitoring and Research Programme (MED POL Phase I). Final report. United Nations Environment Programme, Geneva. In press. pp12-35.
- Flatau, G.N., P. Revillon, M. Aubert, J. Aubert, R. Clement (1982). Presented at VI^{es} Journées Etud. Pollutions, Cannes.
- Fleischer, M. (1973). Natural sources of some trace elements in the environment. In Cycling and Control of Metals, National Environmental Research Center. Cincinnati, 3.
- Gatti, G.L., A. Macri, V. Silano (1979). Biological and health effects of mercury. In Di Ferrante, E.D. (ed.) Trace metals: exposure and health effects. Pergamon Press, Luxembourg, CEC. pp 73-98.
- Gavis, J., J.F. Ferguson (1972). The cycling of mercury through the environment. Water Research, 6, 989.
- Grancini, G., B.M. Stievano, F. Girardi, G. Guzzi, R. Pietra (1975). Determination of trace elements in the northern Adriatic by neutron activation analysis. Thalassia Yugoslavia, 11, 155.
- Grimanis, A.P., M. Vassilaki-Grimani, G.B. Griggs (1976). Pollution studies of trace elements in sediments from the Upper Saronikos Gulf, Greece. Proceedings of the 1976 International Conference on modern trends in activation analysis, Munich, Federal Republic of Germany, 11, pp 1120-1127. J Radioanal. Chem. 27(2), p. 761 (1977).
- Grimanis, A.P., D. Zafiropoulos, C. Papadopoulou, M. Vassilaki-Grimani (1980). Trace elements in the flesh of different fish species from three gulfs of Greece. V^{es} Journées Etud. Pollutions, Cagliari, C.I.E.S.M., 407.
- Grimanis, A.P., D. Zafiropoulos, C. Papadopoulou, T. Economou, M. Vassilaki-Grimani (1982). Trace elements in Mytilus galloprovincialis from three gulfs of Greece. Presented at V^{es} Journées Etud. Pollutions, Cannes.
- Hornung, H., L. Zismenn, O.H. Oren (1980). Mercury in twelve Mediterranean fishes of Israel. Environment International, 3, 243.
- Huynh-Ngoc, L., R. Fukai (1978). Levels of Trace Metals in open Mediterranean Surface Waters. A summary report. IV^{es} Journées Etud. Pollutions, Antalya, C.I.E.S.M., 171.

- ICES (1977). ICES Coordinated Monitoring Programme in the North Sea, 1974. Coop. Res. Rep. ICES, (58): 19p.
- ICES (1977a). ICES a baseline study of the level of contaminating substances in living resources in the North Atlantic. Coop. Res. Rep. ICES, (69): 82p.
- IRPTC (1980). Data profile on mercury (with special emphasis on data from the Mediterranean region). IRPTC Data Profile Ser., (3): 198p. International Register of Potentially Toxic Chemicals, Geneva.
- Jensen, S., A. Jernelov (1969). Biological methylation of mercury in aquatic organisms. Nature, 223, 753.
- Keckes, S., J.K. Miettinen (1972). Mercury as a Marine Pollutant. Marine Pollution and Sea Life. M. Ruivo (Editor) FAO, 276.
- Kosta, L., V. Ravnik, A.R. Byrne, J. Stirn, M. Dermelj, P. Stegnar (1978). Some trace elements in the waters, marine organisms and sediments of the Adriatic by Neutron Activation Analysis. Journal of Radioanalytical Chemistry, 44, 317.
- Krumgalz, B.S., H. Hornung (1982). Mercury pollution indicators in warm Mediterranean waters. Presented at VI^{es} Journées Etud. Pollutions, Cannes.
- Leatherland, T.M., J.D. Burton, F. Culkin, M.J. McCartney, R.J. Morris (1973). Concentrations of some trace metals in pelagic organisms and of mercury in Northeast Atlantic Ocean Water. Deep-Sea Research, 20, 679.
- Majori, L., G. Nedoclan, G.B. Modonutti, F. Daris (1978). Levels of metal pollutants in sediments and biota of the Gulf of Trieste: a long term survey. IV^{es} Journées Etud. Pollutions, Antalya, C.I.E.S.M., 237.
- Marsh, D.O., G.J. Myers, T.W. Clarkson, L. Amin-Zaki, S. Tikriti, M.A. Majeed, (1980). Fetal methylmercury poisoning: clinical and toxicological data on twenty nine cases. Ann. Neurol. 7, 348-353.
- Martin, J.M., F. Salvadori, A.J. Thomas (1978). Le Mercure et les oligo-elements dans le Delta du Rhone. Ibid, 197.
- Methylmercury Study Group (1980). Methylmercury study. McGill University, Montreal, Canada.
- Nauen, C.E., G. Tomassi, G.P. Santaroni (1980). Mercury levels in selected marine organisms from the Mediterranean. UNEP/MED-HG/6, 15p. United Nations Environment Programme, Geneva.
- Nauen, C., G. Tomassi, G.P. Santaroni, H. Josepeit (1982). Results of first pilot study on the chance of Italian seafood consumers exceeding their individual allowable daily intake of Mercury. V^{es} Journées Etud. Pollutions, Cannes, C.I.E.S.M.

- Nieboer, E., O.H.S. Richardson (1980). The replacement of the nondescript term heavy metals by a biologically and chemically significant classification of metal ions. *Environmental Pollution (Series B)* 1, 3.
- Obiols, J., L. Peiro (1980). Heavy metals in marine sediments from the Delta del Ebro. *V^{es} Journées Etud. Pollutions*, Cagliari, C.I.E.S.M., 391.
- Obiols, J., X. Tomas, A. San Miguel (1980). Study of some pollutants on Mytilus sp. and Mugil sp. in the Barcelona Coast area. *Ibid*, 395.
- OECD (1974). Mercury and the Environment. Studies of mercury use, emission, biological impact and control. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.
- OMS (1976). Environmental Health Criteria I. Mercury. Published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme and the World Health Organization.
- OMS (1980). Report of a consultation to examine the WHO Environmental Health Criteria for mercury. Document EHE/EHC/80.22. World Health Organization, Geneva.
- OMS/PNUE (1982). Evaluation du méthylmercure et des risques pour la santé y relatifs parmi les populations méditerranéennes : rapport sur une réunion de consultation, Athènes, 13-17 septembre 1982. Bureau régional de l'Europe de l'OMS, Copenhague.
- Paccagnella, B., L. Prati, A. Bigoni (1973). Studio epidemiologico sur mercurio nei pesci e la salute umana in un'isola italiana del mediterraneo. *Ig. Mod.* 66, 479-503. (In Italian.)
- Paccagnella, B., L. Prati, A. Bigoni (1974). Studio epidemiologico sul mercurio nei pesci e la salute umana in un'isola italiana del Mediterraneo. *In: Proceedings of the International Symposium, Problems of the contamination of man and his environment by mercury and cadmium, organized by the Commission of the European Communities, Luxembourg, 3-5 July 1973. Luxembourg, CEC, pp 463-79.*
- Papakostidis et al. (1975). Heavy metals in sediments from the Athens sewage outfall area. *Marine Pollution Bulletin*, 6, 136-139.
- Peakall, D.B., R.J. Lovett (1972). Mercury: Its Occurrence and Effects in the Ecosystem. *Bio Science*, 22, 20.
- Peiro, L., X. Tomas, J. Obiols, J. Ros (1982). Contenu en Métaux lourds en sédiments de la côte de Catalunya. Méthodologie et résultats. Presented at *VI^{es} Journées Etud. Pollutions*, Cannes.
- Phelps, R.W., T.W. Clarkson, T.G. Kershaw, B. Wheatley (1980). Interrelationships of blood and hair mercury concentrations in a North American population exposed to methylmercury. *Arch. Environ. Health*, 35, 161-168.

- Philipps, D.J.H. (1977). The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments. A review. *Environmental Pollution*, 13, 281.
- Piotrowski, J.K., M.J. Inskip (1981). Health effects of methylmercury. MARC Report number 24.
- PNUE (1978). Rapport préliminaire sur l'état de pollution de la Mer Méditerranée Sea. Réunion intergouvernementale des Etats riverains sur le Plan d'action pour la Méditerranée.
- PNUE (1979). Les polluants d'origine tellurique en Méditerranée. Réunion d'experts sur le protocole pour la Protection de la Mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique.
- PNUE/FAO/OMS (1980). Meeting of experts on environmental quality criteria for mercury in Mediterranean seafood. Draft report. Document UNEP/MED-HG/13. UNEP, Geneva.
- PNUE (1981). Mediterranean Environmental Quality Criteria. UNEP/WG.62/6. UNEP, Geneva.
- PNUE (1982). Co-ordinated Mediterranean Pollution Monitoring and Research Programme (MED POL Phase I). United Nations Environment Programme, Geneva.
- Renzoni, A., E. Bacci, L. Falciai (1973). Mercury concentration in the water sediments and fauna of an area of the Tyrrhenian coast. *Rev. Int. Oceanogr. Med.* 36/37, 17.
- Renzoni, A., M. Bernhard, R. Sara, M. Stoeppler (1978). Comparison between the Hg body burden of Thynnus thynnus from the Mediterranean and the Atlantic. *IV^{es} Journées Etud. Pollutions*, Antalya, C.I.E.S.M., 255.
- Ringot, J.L. (1982). Study of the repartition and origin of the metallic contaminations of the Bay of Canne's sediment - Presented at VI^{es} Journées Etud. Pollutions, Cannes.
- Riolfatti, M. (1977). Further epidemiological study on Hg levels in fish and human blood and hair. *Ig. Mod.* 70, 169-186. (In Italian.)
- Robertson, D.E., L.A. Rancitelli, J.C. Langford, R.W. Perkins (1972). Battelle Northwest contribution to the IDOE base-line study. In Workshop on baseline studies of pollutants in marine environment. Brookhaven Nat. Lab.
- Robertson, D.E., R. Carpenter (1976). Activation Analysis in E.D. Goldberd (Ed) *Strategies for Marine Pollution Monitoring*. Wiley Interscience, New York.
- Roth, F., H. Hornung (1977). Heavy metal concentrations in water, sediments and fish from Mediterranean coastal area, Israel. *Environmental Science and Technology*, 11, 265.

- Saliba, L.J., V. Silano (1982). Health hazards from methylmercury in the Mediterranean region: review of international activities. Document ICP/RCE 211/7. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- Sarritzu, G., A. Contu, M. Schintu, P. Mulas (1982). Les teneurs en mercure dans les sédiments de la lagune de Santa Gilla, Sardaigne, Italie. Presented at VI^{es} Journées Etud. Pollutions, Cannes.
- Selli, R. et al. (1970). The mercury content in the sediments of the Adriatic and the Tyrrhenian. Journées Etud. Poll. (CIESM, Athens), November 1972, CIESM Monaco, pp 39-40.
- Stegnar, P., I. Vukadin, B. Smodis, A. Vakselj, A. Prosenic (1980). Trace elements in sediments and organisms from Kastela Bay. V^{es} Journées Etud. Pollutions, Cagliari, C.I.E.S.M., 595.
- Stoeppler, M., M. Bernhard, F. Backhaus, E. Schulte (1979). Comparative studies on trace metal levels in marine biota I. Mercury in marine organisms from western Italian coast, the strait of Gibraltar and the North Sea. The science of the Total Environment, 13, 209.
- Sokkary, I.H. (1982). Comparative study on the levels of total mercury in sediments and fishes collected from three fishing sites in Alexandria district, Egypt. Presented at VI^{es} Journées Etud. Pollutions, Cannes, C.I.E.S.M.
- Takeuchi, T. (1968). Pathology of the Minamata disease. In Minamata disease, edited by the study group on Minamata Disease, Kumamoto, Kumamoto University, Japan, pp 141-228.
- Takeuchi, T., K. Eto (1975). Minamata Disease. Chronic occurrence from pathological viewpoints. In: Studies on the Health Effects of Alkylmercury in Japan, T.Tsubaki (Ed.), Environment Agency, Japan. 28-62.
- Thibaud, T. (1971). Teneur en mercure dans quelques poissons de consommation courants. Sci: Pêche 209/1-10.
- Tsubaki, T., K. Irukayama (Eds) (1977). Minamata Disease: methylmercury poisoning in Minamata and Niigata, Japan. Elsevier Scientific Publishing Company, Oxford, U.K. and Kodansha Ltd, Tokyo.
- Tuncel, G., G. Ramelow, T.I. Balkas (1980). Mercury in Water, organisms and sediments from a Section of the Turkish Mediterranean Coast. Marine Pollution Bulletin, 11, 18.
- Uysal, H. (1980). Levels of trace elements in some food chain organisms from the Aegean coasts. V^{es} Journées Etud. Pollutions, Cagliari, C.I.E.S.M., 503.
- Windom, H.L., F.E. Taylor (1979). The flux of mercury in the South Atlantic Bight. Deep-Sea Research, 26A, 283.

WMO (1982). Report of the Fourth Session of the GESAMP working group on the inter-change of pollutants between the atmosphere and the oceans.

Wood, J.M. (1976). Les métaux toxiques dans l'environnement. La Recherche, 7, 711.

Working Group on Mercury in Fish (1980). Report on mercury in fish and fish products. Australian Government Publishing Service, Canberra.

Zief M., J.W. Mitchell (1976). Contamination control in trace Element Analysis. Wiley-Interscience.

Zafiropoulos, D. (1982). Application of Neutron Activation Analysis to the study of trace elements in Saronikos Gulf. Ph.D. Thesis, University of Patras.

Zook, Ek., J. Powell, B. Hackley, J. Emerson, J. Brooker, G. Knobl, (1976). National Marine Fisheries Service Preliminary survey of selected seafoods for mercury, lead, cadmium, chromium, and arsenic content. J. Agric. Food Chem. 24, 47.