



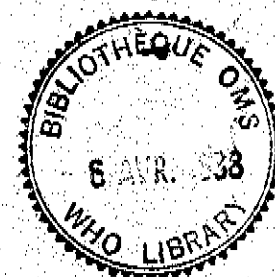
16561

Programme à long terme de surveillance
continue et de recherche sur la pollution
dans la mer Méditerranée (MED POL - Phase II)

EUR/ICP/CEH 054
0758v
ORIGINAL : ANGLAIS

EFFETS SUR LA SANTE DU METHYLMERCURE DANS LE BASSIN MEDITERRANEEN

Rapport sur une réunion conjointe
OMS/FAO/PNUE



Athènes
15-19 septembre 1986

Rapport publié sous le patronage conjoint
du Programme des Nations Unies pour
l'environnement, de l'Organisation des
Nations Unies pour l'alimentation et
l'agriculture et de l'Organisation
mondiale de la santé

1987

EUR/Santé pour tous, but 20

The issue of this document does not constitute formal publication. It should not be reviewed, abstracted or quoted without the agreement of the World Health Organization Regional Office for Europe. Authors alone are responsible for views expressed in signed articles.

Dieses Dokument erscheint nicht als formelle Veröffentlichung. Es darf nur mit Genehmigung des Regionalbüros für Europa der Weltgesundheitsorganisation besprochen, in Kurzfassung gebracht oder zitiert werden. Beiträge, die mit Namensunterschrift erscheinen, geben ausschließlich die Meinung des Autors wieder.

Ce document ne constitue pas une publication. Il ne doit faire l'objet d'aucun compte rendu ou résumé ni d'aucune citation sans l'autorisation du Bureau régional de l'Europe de l'Organisation mondiale de la santé. Les opinions exprimées dans les articles signés n'engagent que leurs auteurs.

Настоящий документ не является официальной публикацией. Не разрешается рецензировать, аннотировать или цитировать этот документ без согласия Европейского регионального бюро Всемирной организации здравоохранения. Все ответственность за взгляды, выраженные в подписанных авторами статьях, несут сами авторы.

BUT 20

Réduction de la pollution de l'eau

D'ici 1990, toutes les populations de la Région devraient disposer de quantités suffisantes d'eau potable et, d'ici 1995, la pollution des cours d'eau, des lacs et des mers ne devrait plus constituer une menace pour la santé humaine.

Index:

ENVIRONMENTAL MONITORING
FOOD CONTAMINATION %PC%
FISH PRODUCTS
MERCURY
WATER POLLUTION %AN%
MEDITERRANEAN SEA
EPIDEMIOLOGY
GREECE
ITALY
YUGOSLAVIA

Programme à long terme de surveillance continue
et de recherche sur la pollution dans la mer Méditerranée
(MED POL - Phase II)

EFFETS SUR LA SANTE DU METHYLMERCURE
DANS LE BASSIN MEDITERRANEEN

Rapport sur une réunion conjointe
OMS/FAO/PNUE

Athènes
15-19 septembre 1986

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE
Bureau régional de l'Europe
Copenhague, 1987

EUR/ICP/CEH 054

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
Avant-propos	1
1. Ouverture de la réunion	3
2. Portée et objet de la réunion	4
3. Election du bureau	4
4. Adoption de l'ordre du jour	4
5. Organisation de la réunion	4
6. Examen des résultats des études entreprises pendant la Phase I	4
7. Analyse critique des résultats de l'étude des faits	9
8. Etude critique du projet de protocole révisé d'études épidémiologiques cliniques des effets du méthylmercure sur la santé	9
9. Dispositions institutionnelles relatives à l'extension éventuelle des études de la Phase I à d'autres régions et à la mise en route d'études au titre de la Phase II	11
10. Recommandations relatives à des critères provisoires de qualité de l'environnement, applicables au mercure présent dans les produits de la pêche en Méditerranée	13
 Annexe 1 Rapport relatif à l'ingestion comparée de mercure par des échantillons de populations représentatifs de deux zones côtières de l'Adriatique	 15
Annexe 2 Rapport sur une enquête nutritionnelle et détermination des quantités de mercure présentes dans les cheveux de certains échantillons de population grecque	31
Annexe 3 Consommation du mercure contenu dans les produits de la pêche par des échantillons de population de trois zones côtières de la mer tyrrhénienne	36
Annexe 4 Analyse du mercure total, du méthylmercure et du sélénium présents dans les cheveux d'échantillons de populations grecque, italienne et yougoslave	42
Annexe 5 Liste des participants	54

AVANT-PROPOS

Les niveaux relativement élevés de mercure enregistrés dans différentes espèces de produits de la pêche en Méditerranée et leurs effets potentiels sur la santé de la population de cette région, imputables à une ingestion excessive de mercure (et notamment de méthylmercure), ont engendré une activité considérable au plan international. Ces travaux ont été essentiellement lancés au cours de la dernière décennie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), dans un effort visant à définir et à quantifier les problèmes.

L'estimation de l'état de pollution de la mer Méditerranée par le mercure, notamment sur la base des activités de surveillance continue réalisées par les laboratoires de la Région entre 1976 et 1981, dans le cadre du Programme coordonné de surveillance et de recherche sur la pollution dans la Méditerranée (MED POL - Phase I), a été achevée en 1983 par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), en collaboration avec la FAO et l'OMS. On a conclu, du point de vue des risques réels et potentiels pour la santé, sur la base des niveaux de mercure présents dans les produits de la pêche ainsi que des données sur la consommation de ces produits dans les divers pays, que les populations ne sauraient être dites généralement menacées. Certaines populations du bassin méditerranéen pourraient cependant ingérer par le biais des produits de la pêche des quantités de méthylmercure excédant les niveaux admissibles.

Un projet visant à évaluer le méthylmercure dans les populations méditerranéennes ainsi que les risques connexes pour leur santé, a été mis au point par l'OMS, en collaboration avec la FAO et le PNUE, dans le cadre du Programme à long terme de surveillance et de recherche sur la pollution dans la Méditerranée (MED POL - Phase II). Une réunion de consultation tenue à Athènes en septembre 1982 lui a donné sa forme définitive. Ce projet comportait notamment les composantes ci-après :

- choix de zones pilotes "sensibles";
- analyse de la teneur de mercure des produits de la pêche dans ces régions;
- enquêtes nutritionnelles dans certains échantillons de la population humaine;
- analyse du cheveu humain dans cette même population échantillon, pour déterminer la présence de mercure.

En dehors de ces activités, dont on estimait qu'elles constituaient la première phase du projet, il a été décidé d'élaborer un protocole complet pour les études épidémiologiques cliniques. Il a été convenu en outre que ce protocole serait mis en oeuvre pour les individus qui, au sein des échantillons de population précités, donnaient une indication positive, compte tenu des niveaux de mercure déterminés dans leurs cheveux.

La première phase du projet est devenue opérationnelle en Yougoslavie en 1984, en Grèce et en Italie en 1985. Dans chacun de ces pays, des zones pilotes ont été choisies en vertu d'une présomption de consommation relativement élevée de produits de la pêche ou d'une forte concentration de mercure

dans les produits de la pêche ainsi consommés. Au cours d'une réunion de consultation sur la surveillance biologique du méthylmercure dans les populations méditerranéennes, organisée en commun par l'OMS, la FAO et le PNUE à Zagreb, en septembre 1984, et consacrée au rapport d'activité du projet, une méthode de référence normalisée a été mise au point pour l'analyse du mercure total, du méthylmercure et du sélénium présents dans le cheveu humain. Un projet de protocole pour les études épidémiologiques cliniques, susceptibles de constituer la seconde phase du projet, a également été examiné, et les éléments nécessaires à une révision de ce projet ont été définis.

Des critères provisoires pour la qualité de l'environnement, concernant la présence du mercure dans les produits de la pêche méditerranéens ont été adoptés par les gouvernements de la région lors de la quatrième réunion ordinaire des parties contractantes de la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution et les protocoles connexes, tenue à Gênes en septembre 1985.

Il a été décidé que les gouvernements des Etats méditerranéens prendraient note du critère provisoire proposé par le Comité mixte FAO/OMS pour les additifs alimentaires, en vertu duquel la dose admissible provisoire hebdomadaire de 0,3 mg de mercure, dont 0,2 mg au maximum de méthylmercure, ne devrait pas être dépassée; d'autre part, ce critère devrait être pris en compte pour établir - au cas où la situation nationale l'exigerait - des normes relatives aux teneurs maximales de mercure dans les produits de la pêche.

Au titre de la même recommandation relative au mercure, il était entendu que les composantes "surveillance continue" et "recherche" du projet MED POL - Phase II, relatives à la détermination de la teneur mercurielle des produits de la pêche méditerranéens et des risques affectant tous les groupes de population en liaison avec la consommation de ces produits, seraient maintenues et revêtiraient notamment les formes ci-après :

- détermination des groupes de population menacés;
- enquêtes sur les schémas de consommation des produits de la pêche dans ces populations;
- enquêtes sur les niveaux de mercure présents dans les groupes de population affectés;
- études épidémiologiques pour obtenir les renseignements nécessaires sur les rapports entre ingestion de mercure et effets sur la santé;
- études sur les rapports entre mercure total et concentrations de méthylmercure dans les produits de la pêche, et effets de la cuisson sur ces teneurs;
- études sur les cycles bio-géochimiques du mercure dans la Méditerranée;
- études sur les effets du sélénium quant à la réduction de la toxicité du mercure.

Dans le cadre de ce programme, une réunion de consultation relative aux effets sur la santé du méthylmercure dans le bassin méditerranéen était organisée conjointement par l'OMS, la FAO et le PNUE et se proposait les objectifs ci-après :

- examiner les résultats des études réalisées par les institutions participantes dans le cadre de la Phase I du projet;
- analyser et mettre au point le projet de protocole révisé pour les recherches épidémiologiques cliniques relatives aux effets du méthylmercure sur la santé;
- mettre au point les dispositions institutionnelles, relatives à la Phase II du projet, ainsi que l'application de la Phase I dans d'autres régions;
- formuler des recommandations relatives aux révisions éventuellement nécessaires des critères provisoires pour la qualité de l'environnement, applicables au mercure, adoptés par la quatrième réunion ordinaire des parties contractantes de la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution et les protocoles connexes (Gênes, 9-13 septembre 1985).

Un certain nombre d'experts d'institutions méditerranéennes participant au projet ou ayant manifesté leur désir d'y participer, ainsi que d'autres spécialistes, originaires ou non du bassin méditerranéen, ont été invités à participer à la réunion de consultation. Les organisations internationales suivantes ont également été priées de se faire représenter : la Commission océanographique intergouvernementale (COI), l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), l'Organisation météorologique mondiale (OMM), l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et la Commission des Communautés européennes (CCE).

1. Ouverture de la réunion (point 1 de l'ordre du jour)

La réunion était organisée dans les bureaux de l'Unité de coordination du Plan d'action pour la Méditerranée, à Athènes, du 15 au 19 septembre 1986. Y ont participé 23 conseillers temporaires originaires de sept Etats méditerranéens et un conseiller temporaire d'un Etat non méditerranéen, un représentant de la COI, de l'AIEA et de la FAO, respectivement, deux représentants du PNUE et quatre fonctionnaires du Siège de l'OMS et du Bureau régional de l'Europe. On trouvera en Annexe 5 une liste des participants.

M. le Dr L.J. Saliba, scientifique principal, Plan d'action pour la Méditerranée, Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, ouvre la séance et souhaite la bienvenue aux participants au nom de M. le Dr J.E. Asvall, directeur régional. Il brosse les grandes lignes des événements ayant conduit à la réunion, la replace dans son contexte, le Programme à long terme de surveillance et de recherche sur la pollution dans la Méditerranée (MED POL - Phase II).

M. A. Manos, coordonnateur PNUE du Plan d'action pour la Méditerranée, souhaite la bienvenue aux participants au nom du PNUE et de l'Unité de coordination. Il met l'accent sur l'importance du thème à examiner et notamment sur la formulation de nouveaux critères pour la qualité de l'environnement

applicables aux produits de la pêche dans le bassin méditerranéen, outre ceux qui ont d'ores et déjà été adoptés à Gênes par les gouvernements de la région. Il souhaite que la réunion se révèle fructueuse.

M. G.P. Gabrielides, fonctionnaire principal des pêches (pollution marine) à la FAO, s'adresse aux participants au nom de son Organisation et rappelle la longue collaboration de celle-ci avec l'OMS en ce qui concerne la consommation alimentaire et la santé. Dans ce domaine précis, les doses admissibles provisoires hebdomadaires ont été mises au point par le Comité mixte d'experts FAO/OMS sur les additifs alimentaires. L'orateur se réfère aussi aux exercices d'interétalonnage destinés à déterminer la présence et les concentrations de mercure dans les produits de la pêche, organisés dans le cadre de MED POL, soulignant l'intérêt qu'il y a pour les participants au projet de prendre part à ces exercices.

2. Portée et objet de la réunion (point 2 de l'ordre du jour)

M. le Dr L.J. Saliba décrit dans leurs grandes lignes la portée et l'objet de la réunion de consultation. La première phase du projet doit prendre fin en 1987 et les résultats d'ensemble de toutes les études pilotes effectuées dans les trois pays (Grèce, Italie et Yougoslavie) devraient alors être disponibles. La situation générale sera ensuite examinée pour déterminer s'il est nécessaire d'en venir à la Phase II du projet (les études épidémiologiques cliniques). En effet, leur exécution est essentiellement tributaire de l'identification de personnes dont les cheveux présentent un niveau suffisant de mercure pour justifier une étude clinique de ses effets sur leur santé. L'un des principaux objets de l'examen de la phase actuelle consiste aussi à définir les problèmes et, s'il y a lieu, à modifier le programme de travail pour 1986-1987 si cela est jugé nécessaire pour améliorer et, le cas échéant, harmoniser les résultats.

3. Election du bureau (point 3 de l'ordre du jour)

M. le professeur V. Silano est porté à la présidence, Mme le professeur Antonia Polychronopoulou-Trichopoulou est élue vice-présidente et M. le Dr P. Stegnar, rapporteur. M. le Dr L.J. Saliba est chargé d'assurer les fonctions de secrétaire.

4. Adoption de l'ordre du jour (point 4 de l'ordre du jour)

L'ordre du jour est adopté à l'unanimité.

5. Organisation de la réunion (point 5 de l'ordre du jour)

Le président expose en détail l'organisation des travaux de la réunion, et notamment l'horaire des sessions. Il est décidé de se réunir en séance plénière, étant entendu toutefois que des groupes de travail restreints pourraient être constitués pour examiner des questions particulières.

6. Examen des résultats des études entreprises pendant la Phase I (analyse des produits de la pêche, enquête nutritionnelle, analyse des cheveux humains) (point 6 de l'ordre du jour)

Les résultats des études réalisées pendant la Phase I sont examinés sur la base des rapports d'activités effectuées depuis 1984 en Yougoslavie et depuis 1985 en Grèce et en Italie. Il est décidé que, la réunion de

consultation se plaçant à peu près à mi-chemin de la phase en cours (qui doit se terminer vers la fin de 1987), on en profitera pour examiner toutes modifications nécessaires ou souhaitables à la lumière des progrès et des problèmes constatés.

Les rapports d'activité des chercheurs principaux sont reproduits aux Annexes 1 à 4 du présent rapport. Le compte rendu ci-après est fondé sur les présentations et les débats qui leur ont fait suite.

6.1 Etudes réalisées en Yougoslavie

L'étude effectuée en Yougoslavie par le département de la nutrition de l'Institut de santé publique de Croatie, à Zagreb (depuis la mi-1976, dans le cadre de l'Institut d'endocrinologie, des maladies métaboliques et du diabète "V. Vrhovac", de la Faculté de médecine de l'Université de Zagreb) a porté sur deux régions de la côte adriatique. La première (dite "zone expérimentale") contient, selon les études antérieures, des concentrations relativement élevées de mercure dans des eaux côtières et une forte sédimentation découlant de la pollution industrielle du site, et d'autre part la "zone témoin", sans industrie, est située à 80 km, sur la côte. Des villages représentatifs ayant un mode de vie et des schémas de pêche similaires ont été choisis dans chacune de ces zones. Dans chaque village, des populations échantillons ont été choisies pour une enquête nutritionnelle, sur la base des activités de pêche. Priorité était accordée à des pêcheurs à plein temps et à temps partiel et à leur famille; on a retenu dans la zone expérimentale 79 familles, composées de 314 membres et, dans la zone témoin, 63 familles ayant 255 membres.

Une étude comparative a été effectuée sur les niveaux de mercure présents dans certaines espèces de produits de la pêche dans l'une et l'autre zones. Ainsi, 40 espèces ont été identifiées dans l'alimentation des familles de la zone expérimentale et 38 dans celle de la zone témoin. On a déterminé les niveaux de mercure total et de méthylmercure présents dans ces espèces. Pour la zone expérimentale, on a déterminé une fourchette de 0,070 à 1,370 mg/kg (mercure total) et 0,011 à 0,618 mg/kg (méthylmercure). Pour la zone témoin, les gammes de niveaux correspondantes étaient les suivantes : 0,040 à 0,520 mg/kg et 0,016 à 0,508 mg/kg, respectivement. La teneur en mercure des produits de la pêche était plus élevée dans la zone expérimentale, la différence étant particulièrement prononcée dans le cas du mercure total. On a noté un degré considérable de variation parmi les différentes espèces, dans la proportion de méthylmercure par rapport au mercure total, soit 10,1 à 105,8% dans la zone expérimentale et 5,3 à 106,8% dans la zone témoin.

L'enquête nutritionnelle a été essentiellement conduite sur la base du protocole élaboré lors de la réunion de consultation tenue à Athènes en septembre 1982. On a enregistré dans la zone témoin un taux de consommation de produits de la pêche sensiblement plus élevé que dans la zone expérimentale. Dans la première, 27,0% des familles enquêtées consommaient des produits de la mer cinq à sept fois par semaine, et l'on n'a déterminé que 3,2% n'ayant consommé aucun produit de la pêche pendant la période considérée. Les chiffres correspondants pour la seconde zone étaient 13,9% et 11,4% respectivement. On a attribué la différence à l'hésitation des populations des zones industrialisées à consommer des produits de la pêche, compte tenu de la pollution industrielle (au sens large et non spécifiquement à cause de la présence de mercure).

Sur la base de ces résultats, on a calculé que la consommation hebdomadaire moyenne de mercure total varie de 64,5 à 177,0 microgrammes par personne dans la zone expérimentale et de 44,5 à 125,7 microgrammes dans la zone témoin. Pour le méthylmercure, les ingestions calculées variaient entre 34,5 et 90,8 microgrammes dans la zone expérimentale et entre 27,5 et 102,0 microgrammes dans la zone témoin. Dans la zone expérimentale, 46 sujets (14,7% de l'échantillon), et 22, dans la zone témoin (8,6% de l'échantillon) ingéraient, selon les calculs, des doses de mercure total excédant la dose admissible provisoire hebdomadaire établie par le Comité mixte FAO/OMS pour les additifs alimentaires, soit 300 microgrammes. Dans le cas du méthylmercure, 20 sujets (6,4%) vivant dans la zone expérimentale et 43 (16,9%) dans la zone témoin dépassaient, suivant les calculs, la dose hebdomadaire admissible de 200 microgrammes.

Pour expliquer ces différences, il faut admettre que les niveaux plus élevés de méthylmercure caractérisant la population de la zone témoin découlent d'une consommation plus élevée de produits de la pêche, ainsi que de la présence de niveaux relativement élevés de méthylmercure (rapporté au mercure total) dans les espèces consommées.

On a prélevé des échantillons de cheveux sur 42 enfants et adolescents (de un à seize ans) de chacune de ces zones. Les échantillons ont été analysés, pour déterminer le mercure total et le méthylmercure, au Département de chimie nucléaire de l'Institut Josef Stefan de Ljubljana, selon une méthode de référence mise au point par l'Institut pour le projet. Les niveaux de mercure total pour les sujets vivant dans la zone expérimentale variaient entre 0,10 et 5,30 ppm (avec une moyenne de 1,75 ppm) et les concentrations de méthylmercure, de 0,09 à 3,7 ppm (avec une moyenne de 1,41). Pour les sujets de la zone témoin, les niveaux correspondants variaient de 0,41 à 3,8 ppm (moyenne : 1,73) et de 0,28 à 3,6 ppm (moyenne : 1,37). La différence globale était très faible et aucun sujet ne présentait une concentration de méthylmercure de 4 ppm ou plus.

6.2 Etudes réalisées en Grèce

L'étude en Grèce, de nature préliminaire, a été réalisée conjointement par le Département de nutrition et biochimie de l'Ecole d'hygiène d'Athènes et l'Institut de santé infantile de l'Hôpital pédiatrique Aghia Sofia à Athènes. Deux zones principales ont été choisies : une ville côtière industrielle du voisinage d'Athènes où des familles ayant de petits enfants ont été choisies en tant qu'échantillon de population, et une petite ville non industrielle, située à environ 20 km de la mer, dans laquelle on a retenu les écoliers. Une enquête nutritionnelle simplifiée, modifiée par rapport au protocole initial (1982) pour tenir compte de la situation locale, a été réalisée sur un échantillon total de 1500 sujets de l'une et l'autre zones.

L'enquête a identifié 250 individus consommant des produits de la mer deux fois ou plus chaque semaine. Il n'a été possible de prélever d'échantillons de cheveux que sur 121 d'entre eux, soit par suite de l'impossibilité de recueillir une quantité suffisante de cheveux ou pour d'autres raisons (et notamment l'emploi de lotions capillaires contenant du sélénium). Trente-six (21 adultes et 15 enfants) provenaient de la zone industrielle et 87 de la zone non-industrielle. En outre, des échantillons de cheveux ont également été prélevés sur 17 jeunes gens récemment enrôlés dans la marine grecque, provenant de familles de pêcheurs de différentes régions de la Grèce.

Comme dans le cas des populations yougoslaves, les échantillons de cheveux ont été analysés, pour déterminer le mercure total et le méthylmercure, par le Département de chimie nucléaire de l'Institut Josef Stefan de Ljubljana (Yougoslavie). Les niveaux de mercure total présents dans les cheveux des 21 adultes (surtout des femmes enceintes) de la zone industrialisée allaient de 0,72 à 2,6 ppm. Les niveaux de méthylmercure variaient entre 0,25 et 1,42 ppm. Les chiffres correspondants pour les 15 enfants (de deux à cinq ans) de la même zone s'établissaient de 0,48 à 5,1 ppm et de 0,37 à 1,59 ppm, respectivement. Dans le cas de la zone non industrielle, les 87 écoliers ayant fait partie de l'échantillon présentaient des niveaux de mercure total allant de 0,38 à 4,0 ppm et des teneurs en méthylmercure de 0,09 à 4,2 ppm.

Les 17 jeunes adultes de la base navale présentaient des niveaux de mercure total variant entre 0,56 et 37,51 ppm, et des niveaux de méthylmercure de 0,16 à 35,9 ppm. Les deux valeurs maximales ont été enregistrées pour le même individu consommant vingt repas à base de fruits de mer par semaine. Aucun autre sujet faisant partie de ce sous-échantillon ne présentait de niveaux dépassant 5,0 ppm de mercure total ou 3,6 ppm de méthylmercure.

Comme dans l'étude yougoslave, les niveaux de mercure total et de méthylmercure présents dans les cheveux étaient généralement du même ordre dans les échantillons de population "exposée" et "non exposée". Dans l'une et l'autre zones, les teneurs étaient plus élevées pour les enfants.

6.3 Etudes réalisées en Italie

Un certain nombre d'études relatives aux effets sur la santé du mercure ingéré à l'occasion de la consommation de produits de la pêche ont été réalisées en Italie, au cours de la dernière décennie, sur divers échantillons de population. L'analyse critique n'a toutefois été effectuée que sur l'étude au titre du projet, qui n'est en cours que depuis quelques mois.

Trois zones de la côte tyrrhénienne ont été retenues, l'une, affectée de pollution mercurielle d'origine industrielle, l'autre, présentant des niveaux élevés de mercure par suite d'une activité volcanique dans le voisinage, et la troisième, dont les populations de pêcheurs passent au moins sept mois par an en mer.

On a déterminé que treize espèces de produits de la mer sont régulièrement consommées par les familles de pêcheurs dans la première de ces zones. La concentration totale de mercure de ces espèces varie entre 0,180 et 1,190 mg/kg. Une enquête nutritionnelle préliminaire, réalisée dans 58 familles de pêcheurs a mis en évidence que les gros consommateurs sont les pêcheurs eux-mêmes, qui font quatre à huit repas par semaine à base de produits de la mer, et non leur femme et leurs enfants, qui en consomment jusqu'à trois. Au moment où le présent rapport était rédigé, les cheveux de sept pêcheurs de cette station avaient été analysés par le Département de chimie nucléaire de l'Institut Josef Stefan, à Ljubljana (Yougoslavie). Les niveaux de mercure total s'établissaient entre 3,58 et 29,66 ppm (moyenne : 16,03 ppm) et pour le méthylmercure, les valeurs vont de 3,45 à 25,31 ppm (moyenne : 13,28 ppm).

L'enquête nutritionnelle et l'analyse des produits de la mer étaient encore en cours lors de la rédaction du rapport, et l'on ne dispose donc d'aucun résultat numérique. Un certain nombre de personnes enquêtées dans la

zone affectée par les rejets mercuriels en mer par suite de l'activité volcanique consomment, selon les données fournies, au moins quatre repas à base de produits de la mer par semaine. De même, l'enquête sur les pêcheurs de la troisième zone (qui passent sept mois par an à bord de leurs embarcations) montre qu'ils consomment un minimum de sept repas à base de produits de la pêche par semaine.

A titre de comparaison, on a prélevé les cheveux de 19 personnes vivant à l'intérieur des terres, et considérées comme des individus moyens ne consommant pas de produits de la pêche à la suite d'une enquête nutritionnelle simplifiée. Les résultats sont les suivants : fourchette de 0,26 à 2,97 ppm (moyenne : 1,12 ppm) de mercure total et 0,17 à 2,10 ppm (moyenne : 0,77 ppm) de méthylmercure.

6.4 Rapport d'activité et résultats

Les données obtenues permettent de comparer les différentes méthodes adoptées qui, tout en se conformant à un même plan d'ensemble, varient dans leurs détails, en fonction de la situation nationale. Dans tous les pays, le choix des zones faisant l'objet des essais était fondé sur l'industrialisation et la pollution de la mer par le mercure qui s'ensuit. En Italie, une zone non industrielle, mais présentant des concentrations élevées de mercure par suite de la présence de sources naturelles (activité volcanique) a été, d'autre part, retenue. Les zones faisant l'objet des comparaisons présentaient de légères différences en ce sens que la zone témoin yougoslave n'était pas industrialisée et légèrement moins polluée, les zones témoins grecque et italienne étaient l'une et l'autre situées à l'intérieur des terres, la zone témoin italienne ayant été choisie, en outre, par suite de la non-consommation des produits de la mer dans la région.

En Italie comme en Yougoslavie, l'analyse des produits de la pêche pour déterminer les concentrations de mercure total et de méthylmercure a été entreprise en même temps que les autres composantes du projet. En Grèce, par contre, la phase pilote initiale ne prévoyait pas cette étude. Tous les échantillons de population, pour l'enquête nutritionnelle et l'analyse des cheveux, ont été choisis en vertu d'une approche hautement sélective, le principal groupe cible étant constitué par les pêcheurs et leur famille, dans toutes les zones ou, à tout le moins, dans la zone expérimentale. Les questionnaires utilisés pour l'enquête nutritionnelle variaient quelque peu quant à leur précision et à leur contenu; ainsi, en Grèce, on a mis le même accent sur la consommation d'aliments autres que les produits de la pêche pour éviter toute interprétation erronée de la situation ayant inspiré la réalisation du projet. Les sujets dont les cheveux ont été analysés (à l'intérieur des groupes d'enquête nutritionnelle) ont été choisis soit lorsqu'on avait calculé que leur ingestion de produits mercuriels dépassait la dose admissible provisoire hebdomadaire (dans les cas où la consommation était combinée avec les concentrations de mercure dans les produits de la pêche), ou sur la base des quantités de produits de la pêche consommées.

Les moyennes générales des teneurs en méthylmercure dans les produits de la pêche étaient le double, dans les zones italiennes, des moyennes déterminées pour les zones yougoslaves. Quant au quotient des concentrations en méthylmercure par rapport au mercure total présent dans les produits de la pêche, les études réalisées en Italie et en Yougoslavie confirment qu'il varie largement selon les espèces, et que les risques sont associés dans une mesure

non indifférente à la consommation de certaines espèces, non pas seulement pour ce qui est de la capacité de bio-accumulation, mais aussi à l'égard des proportions de méthylmercure par rapport aux niveaux de mercure total.

On a analysé 250 échantillons de cheveux humains des trois pays pour doser le mercure total et le méthylmercure. On a, en outre, déterminé les niveaux de sélénium présents dans 25% de ces échantillons. En règle générale, les niveaux de méthylmercure présents dans les cheveux des sujets grecs et yougoslaves (quelque soit leur domicile) et des sujets italiens "non exposés" étaient, à une exception près, inférieurs à 4 ppm. Cela semble indiquer que les différences de degré de la pollution mercurielle en Grèce et en Yougoslavie n'ont pas entraîné de différence significative des quantités de mercure trouvées dans les cheveux.

Dans le cas des deux groupes exclusivement composés de pêcheurs, les échantillons de cheveux de sept sujets italiens ont mis en évidence des niveaux élevés de méthylmercure (deux en contenaient plus de 4 ppm et six, plus de 10 ppm). Cependant, sauf pour un individu (36 ppm chez le sujet ayant consommé 20 repas à base de produits de la mer par semaine), les quantités trouvées dans les échantillons des 17 sujets grecs étaient faibles. Bien qu'il ait été impossible d'expliquer sur le champ les différences entre les deux groupes, sur la base des données provisoires actuellement disponibles, une consommation exceptionnellement élevée de produits de la mer constituait la seule caractéristique commune liée à la présence de niveaux élevés de méthylmercure dans les cheveux, quel que soit le pays considéré.

On trouvera au tableau 1 une récapitulation des résultats d'ensemble. Les chiffres relatifs aux différents pays ne sont pas directement comparables, étant donné les variations relatives aux conditions d'exposition (niveaux de pollution et quantités de produits de la mer consommés). Sur les 250 échantillons de cheveux analysés, cinq seulement ont été enregistrés comme présentant des niveaux de méthylmercure excédant 10 ppm et il s'agissait, dans tous ces cas, de pêcheurs. On notera toutefois que sur les sept pêcheurs italiens, quatre présentaient des niveaux dépassant 10 ppm et deux, 4 ppm.

Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet n'ont encore mis en évidence aucun autre cas de forte exposition. Cela confirme qu'il importe d'adopter une approche très sélective, face à une population nombreuse, pour définir les groupes potentiellement menacés dans le bassin méditerranéen.

7. Analyse critique des résultats de l'étude des faits (point 7 de l'ordre du jour)

Il s'agit essentiellement de l'analyse comparée des niveaux de mercure total et de méthylmercure présents dans certaines espèces de produits de la pêche, et ces études ont fait l'objet d'une analyse critique, dans le cadre de l'examen des composantes essentielles du projet (cf. point 6 ci-dessus).

8. Etude critique du projet de protocole révisé d'études épidémiologiques cliniques des effets du méthylmercure sur la santé (point 8 de l'ordre du jour)

Les participants ont examiné les principaux éléments du projet révisé de protocole d'études épidémiologiques cliniques sur les effets sanitaires du méthylmercure, préparé par une équipe interdisciplinaire coordonnée par

Tableau 1

Récapitulation générale des dosages du mercure dans les cheveux, compte tenu de l'exposition

Pays	Enquête nutritionnelle	Conditions d'exposition			Niveaux de mercure dans les cheveux				Groupes à risque	
		Zones	Repas à base de produits de la pêche	Secteur de population	Nombre d'échantillons	Fourchette des concentrations		Nombre d'échantillons		
						Mercure total	Méthylmercure	4-10 ppm MeHg	10 ppm MeHg	
Grèce	n = 1500 questionnaire simplifié	Non polluée (pêcheurs)	4+/ semaine	H	17	0,56 - 38,0	0,16 - 36,0	0	0	1
		Non polluée	2 / semaine	F	-	-	-	-	-	-
		Polluée	2 / semaine	E	87	0,38 - 4,0	0,09 - 4,15	1	1	0
		Polluée (pêcheurs)	semaine	H	2	0,98 - 1,16	0,62 - 1,00	0	0	0
Italie	n = 200 questionnaire simplifié	Non polluée (pêcheurs)	4+/ semaine	H	15	0,69 - 2,60	0,25 - 1,42	0	0	0
		Polluée	semaine	H	7	0,48 - 5,10	0,37 - 1,59	0	0	0
		Polluée	2+/ semaine	F	-	3,58 - 29,66	3,45 - 25,31	2	2	4
		Non polluée témoin	0 / semaine	E	-	-	-	-	-	-
Yougoslavie	n = 255 questionnaire complet	Non polluée témoin	0 / semaine	H	19	0,26 - 2,97	0,17 - 2,10	0	0	0
		Non polluée témoin	0-7/ semaine moyenne 2-3	F	-	-	-	-	-	-
		Polluée	0-7/ semaine moyenne 3-5	E	42	0,41 - 3,80	0,28 - 3,60	0	0	0
		Polluée	semaine	H	-	-	-	-	-	-
TOTAL	2269				250			3	5	

l'Institut supérieur de la santé publique, à Rome, en vertu des recommandations de la réunion de consultation tenue à Zagreb en 1984. Il résulte d'observations récentes que des groupes relativement restreints d'hommes adultes et de mères de nourrissons dont les cheveux avaient une teneur en méthylmercure dépassant 25 ppm et 6 ppm, respectivement, pourraient être identifiés dans la zone méditerranéenne comme susceptibles de faire l'objet d'une étude épidémiologique clinique. A l'occasion de l'examen du projet de protocole on a, en conséquence, souligné la nécessité de se doter d'une méthodologie la plus complète possible pour dépister les effets cliniques associés pertinents, dans la mesure où il semblait a priori que de telles études ne porteraient que sur une proportion relativement limitée des populations. On a examiné la faisabilité d'une éventuelle mise en oeuvre, et les participants se sont mis d'accord sur les éléments qui devraient être incorporés à la version finale.

9. Dispositions institutionnelles relatives à l'extension éventuelle des études de la Phase I à d'autres régions et à la mise en route d'études au titre de la Phase II (point 9 de l'ordre du jour)

Sur la base des résultats actuels, les participants admettent que l'un des groupes le plus menacés de la région est constitué par les pêcheurs adultes, et notamment ceux qui passent en mer une proportion notable de leur temps et dont la nourriture, pendant ce temps, est essentiellement à base de poisson. Considérant que les mères d'enfants nouveau-nés (en particulier, mais non nécessairement, lorsqu'ils sont nés dans une famille de pêcheurs) constituent un groupe à haut risque reconnu, les participants sont convenus que les activités de suivi immédiates, dans le cadre du projet, devraient viser à définir, dans ces deux groupes cibles, les sujets ayant, dans leurs cheveux, un niveau élevé de méthylmercure. On pourra déterminer ainsi si ces groupes sont assez importants pour que l'on puisse déterminer un rapport entre l'exposition au méthylmercure et des atteintes du système nerveux central.

Il est, en conséquence, décidé que le programme, pendant le laps de temps restant à courir au titre de la première phase, qui portera sur 500 échantillons de cheveux prélevés en Grèce, en Italie et en Yougoslavie, respectivement, visera notamment sur les points suivants :

- choix de secteurs dans lesquels il est très probable que des groupes d'individus consomment des produits de la mer : îles et zones côtières;
- choix d'individus consommant d'importantes quantités de produits de la mer (au moins trois repas par semaine pour les mères d'enfants nouveau-nés, et quatre repas par semaine pour les pêcheurs adultes);
- prélèvement de cheveux selon les procédures décrites dans la méthode de référence;
- analyse des cheveux en vue de déterminer le mercure total, et identification de mères d'enfants nouveau-nés présentant des niveaux excédant 6 ppm et d'hommes adultes dont le niveau dépasse 25 ppm;
- analyse des cheveux d'individus dépassant ces valeurs seuil pour doser le méthylmercure;

- compilation d'informations détaillées sur les schémas de consommation alimentaire (en particulier les quantités et types de produits de la pêche consommés) des individus ainsi identifiés, et renseignements sur les niveaux de méthylmercure présents dans les produits de la pêche, pour identifier la source du méthylmercure présente dans les groupes à haut risque;
- analyse des données ainsi obtenues pour évaluer la taille des groupes de population présentant des niveaux élevés de mercure, et détermination de la faisabilité d'une étude épidémiologique clinique.

Les analyses de cheveux étant centralisées dans un seul laboratoire, il n'est pas nécessaire de procéder à des exercices d'interétalonnage interlaboratoires, et le laboratoire "central" applique un programme de contrôle de qualité. On a souligné combien il importe que toutes les institutions procédant à des prélèvements de cheveux se conforment aux procédures établies dans le protocole. A la suite d'une brève discussion de certains des problèmes en cause, la section relative à la méthode de référence pour l'échantillonnage des cheveux a été légèrement modifiée de façon à devenir plus claire et à faciliter le strict respect de la méthode.

On a examiné l'extension éventuelle des études de la première phase à d'autres pays méditerranéens (outre les trois actuellement concernés). Bien que cela se révèle tout à fait souhaitable sur le plan technique, on se heurte à des problèmes notamment d'ordre financier, étant donné les chances minces d'accroître le niveau actuel d'assistance aux laboratoires participants, dans l'immédiat ou dans un avenir proche. Il a été décidé que l'on devrait s'efforcer d'accroître les dotations financières du projet.

Après avoir examiné des projets analogues dans d'autres régions, les participants ont conclu que la coordination et la coopération avec ces projets sont tout à fait souhaitables. Il a semblé possible, en outre, de mettre en commun les activités de suivi immédiates dans le bassin méditerranéen avec des programmes apparentés dans d'autres régions.

Les participants ont formulé les recommandations suivantes, au sujet des activités futures liées à l'exécution du projet.

1. L'étude épidémiologique dans la Méditerranée, si elle se révèle faisable, devrait avoir pour objet de mesurer la présence d'effets de l'exposition des pêcheurs au méthylmercure au moyen d'une étude transversale sur les adultes et sur les effets de l'exposition prénatale des enfants, par le biais d'une étude de suivi.
2. Les activités de suivi de l'actuelle phase pilote devraient, si possible, porter sur l'expérimentation, la formation et l'harmonisation des examens décrits dans le protocole de l'étude épidémiologique.
3. L'OMS, la FAO et le PNUE devraient s'assurer qu'une dotation financière suffisante, prélevée sur les fonds du projet MED POL, soit affectée à la poursuite de la phase pilote du projet. L'extension géographique du projet, grâce à la réalisation des composantes préliminaires dans d'autres pays méditerranéens, devrait être couverte.

4. Il faudrait s'efforcer d'obtenir d'autres ressources financières, d'origine nationale et internationale, pour garantir l'exécution des stades ultérieurs du projet.

5. Compte tenu de la nécessité d'examiner plus en détail le problème de la neurotoxicité chez les enfants, il conviendrait peut-être de réunir un groupe de travail chargé d'élaborer une batterie de base de tests du neuro-développement des nouveau-nés et des enfants d'âge préscolaire, pour les études épidémiologiques.

10. Recommandations relatives à des critères provisoires de qualité de l'environnement, applicables au mercure présent dans les produits de la pêche en Méditerranée (point 10 de l'ordre du jour)

Les participants notent les critères provisoires pour la qualité de l'environnement, applicables au mercure présent dans les produits de la pêche, tels qu'approuvés par les Parties contractantes de la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution et ses protocoles, lors de leur quatrième réunion ordinaire, tenue à Gênes du 9 au 13 septembre 1985. Les participants de la réunion de consultation conviennent que la dose admissible provisoire hebdomadaire, soit 0,3 mg de mercure total, dont un maximum de 0,2 mg sous forme de méthylmercure, pour une personne pesant 60 kg, demeure valable, en tant que recommandation, compte tenu des données disponibles. Il apparaît toutefois essentiel de respecter strictement cette limite pour les femmes en âge de procréer, à la lumière des données épidémiologiques récentes et de l'exiguïté du facteur de sécurité inhérent à la norme précitée.

Compte tenu de tous les éléments en cause, il est apparu à la réunion de consultation que ses participants ne sont en mesure de proposer aucune modification concrète des dispositions adoptées par les Parties contractantes, c'est-à-dire les gouvernements riverains de la Méditerranée. Etant donné les résultats obtenus par le projet, il apparaît que, du point de vue de la santé humaine, la conclusion antérieure en vertu de laquelle imposer des plafonds régionaux communs pour les concentrations de mercure présentes dans les produits de la pêche ne se justifie pas, peut être confirmée. En effet, le risque n'est pas général mais, au contraire, restreint à certains groupes de population constituant des minorités, en liaison avec une consommation excessive des produits de la pêche. L'adoption ultérieure de normes de rejet pour le mercure, par les Etats côtiers méditerranéens, dans le cadre du Protocole pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique, contribuera à réduire quelque peu la charge mercurielle totale, ce qui pourra se révéler significatif dans certaines zones locales, actuellement affectées par des émissions contenant du mercure. Le problème d'ensemble subsistera toutefois dans la mesure où l'essentiel du mercure présent dans la mer Méditerranée est considéré comme étant imputable à des causes naturelles, par opposition aux sources anthropogènes.

Les participants de la réunion de consultation considèrent donc que l'une des principales activités de la région devrait consister à déterminer les groupes de population menacés par suite d'une consommation excessive de produits de la mer contaminés par du mercure. A la suite d'une évaluation quantitative et qualitative du problème, on pourra déterminer les mesures nécessaires en vue de réduire la part des produits de la pêche dans l'alimentation des individus ou des groupes en cause. Il faut s'attendre à ce que ces mesures revêtent la forme suivante : a) surveillance continue biologique des

secteurs affectés de la population et b) conseils nutritionnels relatifs à la consommation de certaines espèces de poisson, aux espèces capturées dans certains eaux ou à certains groupes de population.

A ce sujet, les participants formulent la recommandation ci-après :

- En soumettant aux Etats du bassin méditerranéen, lors de leur prochaine réunion, en septembre 1987, des recommandations relatives aux mesures propres à réduire les niveaux de mercure dans l'environnement ainsi qu'à l'exposition des personnes au mercure, par le biais des produits de la pêche, il conviendra de prendre en compte les conclusions de la présente réunion, ainsi que les résultats obtenus en poursuivant les études pilotes. Un groupe restreint d'experts devrait, le cas échéant, être réuni pour formuler ces recommandations.

Annexe 1

Rapport relatif à l'ingestion comparée de mercure par des échantillons de populations représentatifs de deux zones côtières de l'Adriatique

par

M. le professeur R. Buzina
Institut d'endocrinologie, des affections du métabolisme et du diabète
"V. Vrhovac", Zagreb (Yougoslavie)

1. INTRODUCTION

On s'est beaucoup préoccupé, au cours des dernières années, de la possibilité de contamination des aliments par des substances chimiques toxiques, par suite d'accidents industriels ou de négligence. Parmi ces substances chimiques, le mercure est particulièrement toxique. De faibles quantités, allant jusqu'à 60 mcg/kg peuvent toutefois être présentes naturellement dans un certain nombre de denrées alimentaires. La quantité de mercure, notamment sous forme organométallique, présente dans le poisson est, en règle générale, plus élevée, atteignant des concentrations de 100 à 200 mcg/kg dans les espèces de petite taille, et jusqu'à 1,000 à 1,500 mcg/kg dans les grandes espèces carnivores. Bien que l'ingestion de mercure par le biais des denrées alimentaires en général n'ait pas été étudiée avec toute la précision voulue, on estime que la teneur naturelle en mercure de l'alimentation quotidienne varie entre 5 et 20 mcg et peut atteindre 200 à 300 mcg en zone côtière. Dans ces dernières régions, toute augmentation de la teneur en mercure des aliments imputable à des sources environnementales, peut devenir critique.

Diverses activités sans relation directe avec la production de mercure peuvent engendrer des émissions importantes dans l'environnement; on citera notamment à cet égard le fait de brûler du combustible fossile, la production d'acier, de ciment et de phosphate, et le travail de fonderie métallique. Certaines de ces industries ont été implantées sur la côte adriatique, aussi est-il apparu très intéressant de déterminer si la situation actuelle a des répercussions sur la contamination des denrées alimentaires dans ces régions et, en second lieu, si la teneur actuelle en mercure peut être considérée comme critique du point de vue de la santé, notamment pour les groupes de population consommant des quantités relativement importantes de produits de la pêche.

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

La présente étude a été réalisée dans le cadre du projet OMS/FAO/PNUE sur le méthylmercure dans les populations méditerranéennes et les risques connexes pour la santé. Elle se proposait pour objectif général d'évaluer les risques éventuels pour la santé liés à la teneur en méthylmercure des produits de la pêche, notamment dans les zones où une consommation relativement importante risquait d'amener une ingestion de mercure dépassant la dose admissible provisoire hebdomadaire, établie par le Comité mixte FAO/OMS pour les additifs

alimentaires. L'étude se proposait des objectifs précis : i) choisir une population, sur la côte adriatique, ingérant des quantités relativement élevées de mercure; ii) déterminer la teneur en mercure total et en méthylmercure des produits de poisson consommés; iii) étudier le schéma de consommation de produits de la pêche, y compris avec ses variations saisonnières, afin de déterminer la quantité hebdomadaire de mercure ingérée avec la nourriture; et iv) établir un rapport éventuel entre ces quantités et les niveaux de mercure présents dans les cheveux des segments de la population ainsi définis.

3. METHODES

Choix des populations

L'étude a été réalisée dans une zone située sur la côte adriatique, dans laquelle des études antérieures avaient mis en évidence la présence de mercure en quantités relativement élevées dans les eaux côtières et les sédiments marins, par suite d'une pollution mercurielle imputable aux industries locales. Une autre zone, située à 80 km de la zone expérimentale et non industrialisée, a été choisie en guise de témoin. Dans les deux zones, on a défini des villages représentatifs où les modes de vie et les schémas de pêche étaient similaires. Le choix des familles a été fondé sur une liste au niveau des villages, et la priorité a été accordée à des personnes pratiquant la pêche à titre professionnel ou semi-professionnel.

Enquêtes nutritionnelles

Les enquêtes nutritionnelles ont été réalisées en deux stades. Au cours de la première phase, celle des "interviews", on a enregistré la composition des familles, leurs habitudes en matière de consommation de produits de la pêche (en précisant chaque espèce de poisson, de crustacés ou de mollusques consommée pendant l'année), selon le protocole élaboré à ce titre, en 1982, dans le cadre du projet d'ensemble.

Le second stade a consisté dans l'enregistrement du schéma de la consommation de produits de la pêche par les familles, y compris types et quantité de ces produits consommés pendant la période de l'enquête, tant à la maison qu'en dehors. Les enquêtes ont porté sur une période de deux semaines, respectivement, pendant l'été et l'hiver (l'enquête relative à la période hivernale de 1984 a dû être répétée en 1985, par suite d'une réduction notable des activités de pêche et de la consommation des produits de la mer à la suite d'un hiver très rigoureux). On a utilisé, pour enregistrer la consommation de produits de la pêche, des imprimés spéciaux, permettant de convertir les chiffres relatifs à la consommation familiale en chiffres concernant chacun des membres, sur la base de facteurs mathématiques mis au point, compte tenu des exigences énergétiques des principaux groupes d'âge de la population.

Les imprimés ont été remplis par les familles, sous la surveillance du personnel du projet. Ont pris part à l'étude 79 familles composées de 314 membres dans la zone expérimentale, et 63 familles ayant 255 membres, dans la zone témoin.

Dosage du mercure présent dans les produits de la pêche

1. Mercure total

Le dosage du mercure total a été effectué par la méthode de la vapeur froide, avec un spectrophotomètre à absorption atomique Pye Unicam SP 90, série 2, doté d'une trousse pour l'analyse de la vapeur de mercure froide, selon la méthode de référence PNUE/FAO élaborée pour les études dans le cadre du projet MED POL - Phase II.

Un échantillon lyophilisé a été oxydé en vase clos à raison de 1 : 10 d'acide sulfurique et nitrique. Le mercure a été transformé sous sa forme inorganique. A la suite d'une décomposition complète des substances organiques, le mercure total a été dosé. On a, à cette fin, mesuré la quantité de mercure réduit de la forme ionique à l'état atomique par de l'étain bivalent. Le mercure ainsi réduit a alors été introduit dans un flux d'air dans une cellule gazeuse à base de quartz. La radiation caractéristique de la résonance de mercure a été absorbée par une source lumineuse.

2. Méthylmercure

On a homogénéisé une aliquote d'un échantillon lyophilisé, préparée selon la méthode de référence PNUE/FAO/AIEA, et le méthylmercure présent dans la matière biologique a été libéré en présence d'une forte concentration de HBr. Le méthylmercure a alors été extrait au benzène et séparé des impuretés par extraction par une solution éthanolique aqueuse de cystéine.

Le méthylmercure une fois libéré du composé thiol à forte concentration de HBr et après une nouvelle extraction au benzène, l'extrait a été analysé par chromatographie gaz-liquide dans un système de chromatographie en phase gazeuse PERKIN ELMER SIGMA IB.

3. Résultats

Au cours de l'enquête sur les schémas de consommation de produits de la mer, 40 espèces de poisson, de crustacés ou de mollusques ont été identifiées dans le régime alimentaire des familles examinées dans la zone expérimentale et 38, dans la zone témoin. La plupart de ces aliments étaient consommés localement à l'état frais ou après un à deux jours de réfrigération domestique. Ce n'est que de façon tout à fait exceptionnelle que des espèces telles que des thonidés ou du hareng (*Clupea harengus*), provenant d'autres parties de l'Adriatique ou d'ailleurs, se trouvaient dans le commerce.

Le résultat des analyses chimiques n'a fait apparaître aucune différence significative de la teneur en mercure entre les produits pêchés en été et en hiver, ou dans les concentrations moyennes de mercure total et de méthylmercure dans les espèces analysées, ou encore dans le pourcentage des familles ayant consommé l'une et l'autre espèces lors des enquêtes nutritionnelles figurant aux tableaux 1 et 2.

Tableau 1

Concentrations de mercure total et de méthylmercure des produits de la pêche, et pourcentage de familles ayant consommé chacune des espèces indiquées pendant la période des enquêtes nutritionnelles

Zone expérimentale

Nom Local	Nom scientifique	Nom français	Mercure total (mg/kg)	Méthylmercure mg/kg	Consommation (% de familles)
Bugva	<u>Boops boops</u>	Bogue	0,391	0,130	12,7
Cipal	<u>Mugilidae (FAM)</u>	Mugilidés	0,093	0,064	26,6
Cavun	<u>Atherina heps.</u>	Sauclet	0,135	0,086	6,3
Spar	<u>Diplodus annularis</u>	Sparailon commun	0,628	0,321	15,2
Srdela	<u>Sardina pilchardus</u>	Sardine européenne	0,198	0,055	39,2
Sarun	<u>Trachurus spp.</u>	Chinchard	0,215	0,103	21,5
Mol	<u>Merluccius merluccius</u>	Merlu	0,312	0,122	29,1
Glavoc	<u>Gobius spp.</u>	Gobies	0,111	0,048	5,1
Incun	<u>Engraulis encrasicl.</u>	Anchois européen	0,405	0,128	1,3
Ovcica	<u>Lithognathus mormyr.</u>	Marbré de la Méditerranée	0,106	0,036	2,5
Fratar	<u>Diplodus vulgaris</u>	Sar commun	0,326	0,098	2,5
Salps	<u>Sarpa salpa</u>	Saupe	0,109	0,011	1,3
Macka	<u>Scylliorhinus sie</u>	Rousette	0,375	0,092	1,3
Lojka	<u>Alosa/falax/nilotica</u>	Alose méditerranéenne	0,113	0,111	1,3
Trlja	<u>Mullus spp.</u>	Rougets barbets	0,318	0,128	3,8
Pirka	<u>Serranus scriba</u>	Serran écriture	0,270	0,074	3,8
Bezmek	<u>Uranoscopus scaber</u>	Uranoscope bœuf	1,370	0,618	2,5
Volak	<u>Murex spp.</u>	Murex	-	0,231	2,5
List	<u>Solea vulgaris</u>	Sole commune	0,390	0,170	1,3
Pas	<u>Mustellus must.</u>	Emissole lisse	0,810	0,477	3,8
Haringa	<u>Clupea harengus</u>	Hareng	0,300	0,114	1,3
Sipa	<u>Sepia officinalis</u>	Seiche commune	0,483	0,179	10,1
Rak	<u>Portunus corrugatus</u>	Crabe étrille ballant	0,361	0,122	3,8
Lignja	<u>Loligo vulgaris</u>	Encornet	0,322	0,194	53,2
Kozica	<u>Crustacea natantia</u>	Crevette	0,207	0,124	1,3
Girice	<u>Spicara smaris</u>	Picarel commun	0,208	0,055	39,2
Jegulja	<u>Anguilla anguilla</u>	Anguille européenne	0,159	0,152	2,5
Skusa	<u>Scomber scombrus</u>	Maquereau	0,070	0,016	3,8
Tunj	<u>Thunnus thynnus</u>	Thon rouge	-	-	1,3
Muzgavac	<u>Eledone spp.</u>	Foulpe	0,370	0,170	5,1
Skarpina	<u>Scorpaena scrofa</u>	Rascasse rouge	0,276	0,230	5,1
Arbun	<u>Pagellus erythrinus</u>	Pageot commun	0,155	0,138	8,9
Komarca	<u>Sparus aurata</u>	Dorade royale	0,119	0,031	1,3
Pic	<u>/Puntazzo puntazzo/</u>	Sar à museau pointu	0,110	0,028	1,3
Iglica	<u>Belone belone gracilis</u>	Orphie ou bécasse de mer	-	-	1,3
Lubin	<u>Dicentrarchus labrax</u>	Loup	0,155	0,138	1,3
Skamp	<u>Nephrops norvegicus</u>	Langoustine	0,540	0,508	1,3
Ugor	<u>Conger conger</u>	Congre commun	0,152	0,139	1,3
Tragalj	<u>Spicara maena maena</u>	Mendole commune	0,326	0,098	1,3

Tableau 2

Concentrations de mercure total et de méthylmercure des produits de la pêche, et pourcentage de familles ayant consommé chacune des espèces indiquées pendant la période des enquêtes nutritionnelles

Zone témoin

Nom Local	Nom scientifique	Nom français	Mercure total (mg/kg)	Méthylmercure (mg/kg)	Consommation (% de familles)
Bugva	<u>Boops boops</u>	Bogue	0,096	0,018	69,8
Sarun	<u>Trachurus spp.</u>	Chinchard	0,091	0,063	20,6
Girica	<u>Spicara spp.</u>	Picarel	0,102	0,082	20,6
Trija	<u>Mullus spp.</u>	Rougets barbets	0,166	0,180	17,5
Mol	<u>Merluccius merluccius</u>	Merlu	0,210	0,211	20,6
Raza	<u>Raja spp.</u>	Raie	0,268	0,200	4,8
List	<u>Solea vulgaris</u>	Sole commune	0,222	0,220	4,8
Skarpina	<u>Scorpaena scrofa</u>	Rascasse rouge	0,276	0,383	14,3
Srdela	<u>Sardina pilchardus</u>	Sardine européenne	0,078	0,026	42,9
Gavun	<u>Atherina spp.</u>	Athérine	0,040	0,035	15,9
Salpa	<u>Sarpa salpa</u>	Saupe	0,054	-	17,5
Kokot	<u>Trigla lyra</u>	Grondin lyre	0,079	0,085	3,2
Vranja	<u>Labrus merula</u>	Merle de mer	0,073	0,046	6,3
Traganj	<u>Spicara maena maena</u>	Mendole commune	0,110	0,056	3,2
Kavala	<u>Sciaena umbra</u>	Corb noir	0,067	0,059	1,6
Pirka	<u>Serranus scriba</u>	Serran écriture	0,060	0,063	1,6
Fratar	<u>Diplodus vulgaris</u>	Sar à tête noire	0,160	0,074	3,2
Luc	<u>Euthynnus quadripunctatus</u>	Thonine commune	0,077	0,016	6,3
Kovac	<u>Zeus faber</u>	Saint-Pierre	0,082	0,025	4,8
Ugor	<u>Conger conger</u>	Congre commun	0,152	0,159	14,2
Usata	<u>Oblada melanura</u>	Oblade	0,092	0,038	1,6
Kantar	<u>Spondyliosoma cantharus</u>	Griset ou dorade grise	0,063	0,054	3,2
Barbun	<u>Mullus spp.</u>	Rouget barbet	0,222	0,126	1,6
Grdobina	<u>Lophius spp.</u>	Baudroie	-	0,146	3,2
Muzgavac	<u>Ozoena muscata</u>	Poulpe musqué	0,305	0,485	1,6
Arbun	<u>Pagellus erythrinus</u>	Pageot commun	0,155	0,138	6,3
Sipa	<u>Sepia officinalis</u>	Seiche commune	0,236	0,285	4,8
Skampi	<u>Nephrops norvegicus</u>	Langoustine	-	0,508	11,1
Liganj	<u>Loligo vulgaris</u>	Encornet	0,255	0,160	54,0
Cipal	<u>Mugilidae</u>	Mugilidés	0,067	0,023	1,6
Lokarda	<u>Scomber japonicus</u>	Maquereau espagnol	0,080	0,022	9,5
Gof	<u>Seriola dumerili</u>	Sériole couronnée	0,065	0,052	4,8
Iglica	<u>Belone belone gracilis</u>	Orphie ou bécasse de mer	0,092	0,063	3,2
Spar	<u>Diplodus annularis</u>	Sparailon commun	0,077	0,021	11,6
Sarga	<u>Diplodus sargus</u>	Sar commun	0,163	0,079	1,6
Zubatac	<u>Dentex dentex</u>	Denté commun	0,150	0,135	1,6
Hobotnica	<u>Octopus vulgaris</u>	Pieuvre commune	0,520	0,495	7,9

Dans la zone expérimentale, on a déterminé les plus fortes concentrations de mercure dans Diplodus annularis (sparaillon commun), Uranoscopus scaber (uranoscope boeuf), Mustellus mustellus (émissole lisse) suivis par Sepia officinalis (seiche commune) et Nephrops norvegicus (langoustine). Dans la zone témoin, la plus forte concentration de mercure a été déterminée dans Ozoena muscata (poulpe musqué) et, parmi les espèces pisciaires, chez Scorpaena scrofa (rascasse rouge). Si l'on compare les deux zones examinées, on constate que les produits de la mer de la zone expérimentale présentaient en général une plus forte teneur en mercure que les mêmes espèces dans la zone témoin. On trouvera aux tableaux 3 et 4 une comparaison des concentrations de mercure total et de méthylmercure présentes dans les échantillons de produits de la mer examinés dans l'une et l'autre zones.

Les produits de la mer de la zone expérimentale présentaient des teneurs plus élevées en mercure et méthylmercure, mais les différences entre les deux zones n'avaient de signification statistique que pour le mercure total.

La fréquence de consommation de produits de la mer dans les familles examinées a mis en évidence une consommation hebdomadaire plus fréquente de poisson, de crustacés et de mollusques chez les familles de la zone témoin, de sorte que les deux zones n'étaient pas strictement comparables pour ce qui est de la consommation de produits de la pêche (tableau 5).

La concentration moyenne hebdomadaire de mercure présente dans l'alimentation de chacun des membres des familles enquêtées, répartie par âge et par sexe et récapitulée selon la saison dans les tableaux 6 et 7, et la répartition par déciles de ces données, figurent aux tableaux 8 à 11.

Tableau 3

Concentrations totales de mercure et de méthylmercure dans les produits de la pêche (mg/kg)

N	Min.	Max.	Médiane	Moyenne	Ecart type
<u>Mercure total</u>					
I Zone expérimentale	0,043	1,910	0,200	0,330	0,330
II Zone témoin	0,034	0,505	0,111	0,149	0,114
<u>Méthylmercure</u>					
I Zone expérimentale	0,011	0,800	0,105	0,159	0,170
II Zone témoin	0,008	0,536	0,074	0,133	0,134

Tableau 4

Distribution (%) des concentrations de mercure total
et de méthylmercure (mg/kg) dans les produits de la pêche
pour les zones examinées

		P e r c e n t i l e s								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
		<u>Mercure total</u>								
I	Zone expérimentale	0,071	0,090	0,113	0,150	0,200	0,270	0,350	0,480	0,786
II	Zone témoin	0,045	0,060	0,072	0,079	0,111	0,152	0,160	0,222	0,268
		<u>Méthylmercure</u>								
III	Zone expérimentale	0,036	0,047	0,059	0,091	0,105	0,120	0,128	0,212	0,320
IV	Zone témoin	0,022	0,032	0,045	0,059	0,074	0,118	0,146	0,210	0,240
t-test	I:III = 2,770	p 0,05								
	II: IV = 0,820	p 0,05								

Tableau 5

Fréquence de la consommation des produits de la pêche
dans les familles examinées
(nombre de fois par semaine)

	0		1-2		3-4		5-7		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Zone expérimentale	9	11,4	23	29,1	36	45,4	11	13,9	79	100,0
Zone témoin	2	32	12	19,1	32	50,8	17	27,0	63	100,0

Tableau 6

Ingestion hebdomadaire moyenne de mercure de chaque membre de la famille, selon l'âge et le sexe (enquête en été)

		ZONE EXPERIMENTALE				ZONE TEMOIN			
		Mercure total (mcg)		Méthylmercure (mcg)		Mercure total (mcg)		Méthylmercure (mcg)	
		Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
1 - 6		67,5 ±	39,8	39,9 ±	19,1	83,6 ±	80,6	69,4 ±	73,4
7 - 12	H	168,4 ±	144,4	77,6 ±	61,8	95,9 ±	84,8	54,4 ±	76,4
	F	137,6 ±	85,6	83,4 ±	53,8	130,8 ±	104,6	101,7 ±	94,4
13 - 19	H	207,9 ±	123,0	115,9 ±	73,2	122,4 ±	99,2	86,0 ±	76,3
	F	205,2 ±	132,4	106,8 ±	54,9	145,4 ±	72,9	103,1 ±	52,5
20 - 49	H	201,9 ±	139,3	105,6 ±	66,4	150,5 ±	126,6	115,4 ±	109,2
	F	135,5 ±	79,7	67,4 ±	38,2	124,9 ±	99,4	81,1 ±	72,9
50 - 69	H	180,1 ±	87,3	96,3 ±	53,9	146,7 ±	145,1	125,4 ±	138,8
	F	146,7 ±	98,5	72,1 ±	43,9	104,5 ±	112,2	96,6 ±	109,7
70	H	177,5 ±	90,5	94,1 ±	52,7	159,1 ±	144,7	135,4 ±	152,2
	F	59,0 ±	30,9	36,2 ±	27,0	88,0 ±	92,3	80,8 ±	104,9

Tableau 7

Ingestion hebdomadaire moyenne de mercure de chaque membre de la famille, selon l'âge et le sexe (enquête en hiver)

		ZONE EXPERIMENTALE				ZONE TEMOIN			
		Mercure total (mcg)		Méthylmercure (mcg)		Mercure total (mcg)		Méthylmercure (mcg)	
		Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
1 - 6		100,3 ±	70,1	48,2 ±	38,4	48,7 ±	36,1	35,0 ±	24,6
7 - 12	H	129,8 ±	84,2	59,1 ±	42,3	156,8 ±	151,6	80,8 ±	64,5
	F	162,4 ±	113,1	74,8 ±	59,2	125,6 ±	124,6	99,4 ±	106,1
13 - 19	H	187,3 ±	104,6	103,5 ±	75,4	138,0 ±	87,1	119,6 ±	80,3
	F	131,4 ±	106,7	65,4 ±	55,6	154,1 ±	126,5	132,7 ±	99,1
20 - 49	H	176,4 ±	118,9	92,6 ±	74,3	126,6 ±	66,5	101,5 ±	63,1
	F	123,6 ±	75,6	60,4 ±	42,9	96,3 ±	67,1	85,6 ±	64,1
50 - 69	H	162,9 ±	106,7	84,6 ±	75,9	137,6 ±	81,9	109,9 ±	81,9
	F	123,1 ±	84,1	67,4 ±	58,8	92,8 ±	52,2	76,6 ±	54,6
70	H	128,1 ±	67,4	57,0 ±	29,0	92,0 ±	59,9	90,9 ±	54,2
	F	151,5 ±	89,3	85,2 ±	57,3	85,1 ±	38,8	67,4 ±	37,7

Tableau 8

Distribution (%) de la teneur hebdomadaire de mercure dans l'alimentation de chaque membre de la famille (zone expérimentale)

		M e r c u r e t o t a l (mcg)								
		Percentiles								
Age (années)		10	20	30	40	50	60	70	80	90
1 - 6		27,8	33,4	38,9	44,5	70,5	80,5	109,5	134,5	159,5
7 - 12	H	49,5	64,5	73,5	82,5	91,5	134,5	149,5	304,5	327,0
	F	58,5	71,4	79,1	86,8	124,5	178,5	208,5	250,5	310,5
13 - 19	H	69,5	94,5	109,5	124,5	177,0	224,5	249,5	304,5	349,5
	F	27,0	49,5	72,0	94,5	117,0	184,5	207,0	289,5	349,5
20 - 49	H	65,6	87,8	109,5	129,5	149,5	179,5	215,6	267,0	371,2
	F	43,5	64,9	81,0	96,7	110,3	123,9	155,4	195,3	237,6
50 - 69	H	62,2	87,4	110,9	130,4	150,0	173,9	199,2	242,3	311,2
	F	41,3	63,8	78,3	92,7	109,2	134,5	161,6	195,3	262,2
70	H	66,8	76,5	86,3	157,5	177,0	192,5	205,5	226,5	265,5
	F	34,5	42,0	49,5	57,0	64,5	94,5	124,5	214,5	244,5

Tableau 9

Distribution (%) de la teneur hebdomadaire de mercure dans l'alimentation de chaque membre de la famille (zone témoin)

		M e r c u r e t o t a l (mcg)								
		Percentiles								
Age (années)		10	20	30	40	50	60	70	80	90
1 - 6		12,0	19,5	27,0	34,5	44,5	54,5	64,5	124,5	194,5
7 - 12	H	18,7	32,8	47,0	94,5	119,5	136,5	153,5	181,5	269,5
	F	22,5	38,5	50,5	62,5	94,5	112,5	160,5	178,5	298,5
13 - 19	H	38,5	62,5	72,8	81,8	90,8	136,5	181,5	216,5	240,5
	F	67,5	85,5	99,0	108,0	117,0	130,5	166,5	202,5	238,5
20 - 49	H	29,5	54,5	75,3	96,2	118,6	142,0	167,0	193,8	236,6
	F	22,8	39,3	52,7	67,2	89,5	111,8	134,2	157,5	234,0
50 - 69	H	25,8	47,0	66,7	97,8	125,7	146,1	166,5	192,0	274,5
	F	18,8	33,1	47,5	62,9	79,5	96,1	115,6	138,1	175,8
70	H	19,5	34,5	45,8	57,0	79,5	124,5	147,0	214,5	319,5
	F	14,3	24,0	33,8	52,5	69,5	82,5	97,5	136,5	175,5

Tableau 10

Distribution (%) de la teneur hebdomadaire de mercure dans l'alimentation de chaque membre de la famille (zone expérimentale)

M é t h y l m e r c u r e (mcg)

Age (années)	Percentiles									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
1 - 6	10,5	16,5	22,5	28,5	34,5	45,6	56,8	72,5	100,0	
7 - 12	H	10,9	17,4	23,8	30,2	49,5	72,0	83,3	124,5	139,5
	F	13,5	22,5	31,5	46,5	64,5	91,5	118,5	135,0	148,5
13 - 19	H	23,3	40,5	55,5	72,0	90,8	114,5	139,5	169,5	207,0
	F	12,0	19,5	27,0	64,5	79,5	94,5	128,5	139,5	150,8
20 - 49	H	24,5	40,2	51,6	63,1	82,0	101,4	119,9	147,0	194,5
	F	14,7	24,9	35,1	45,8	56,4	67,5	80,3	93,0	127,5
50 - 69	H	28,0	40,9	49,8	58,7	69,4	82,8	98,1	123,9	180,0
	F	14,5	24,5	34,5	44,1	53,7	63,3	80,7	104,5	148,5
70	H	17,5	30,5	43,5	56,5	69,5	82,5	96,0	115,5	145,5
	F	12,0	19,5	27,0	34,5	49,5	64,5	79,5	124,5	154,5

Tableau 11

Distribution (%) de la teneur hebdomadaire de mercure dans l'alimentation de chaque membre de la famille (zone témoin)

M é t h y l m e r c u r e (mcg)

Age (années)	Percentiles									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
1 - 6	5,9	11,3	16,7	22,1	27,5	38,5	56,5	102,5	162,5	
7 - 12	H	6,2	11,8	17,5	23,2	28,8	78,5	104,0	138,5	170,0
	F	16,5	28,5	40,5	52,5	64,5	82,5	136,5	172,5	238,5
13 - 19	H	14,4	24,2	34,1	51,0	72,0	132,5	155,3	172,5	205,5
	F	37,5	55,5	69,0	78,0	87,0	100,5	166,5	193,5	211,5
20 - 49	H	13,7	27,0	45,5	66,0	86,4	113,0	138,8	170,5	193,6
	F	11,7	22,8	34,7	48,1	62,6	91,2	113,5	137,8	185,0
50 - 69	H	18,0	35,5	53,4	73,4	93,4	115,5	138,8	176,8	272,2
	F	14,0	27,5	40,9	54,1	66,5	78,9	91,3	116,5	178,5
70	H	12,9	21,3	29,7	82,5	102,0	112,5	123,0	160,5	262,5
	F	12,9	21,3	29,7	40,5	54,5	68,5	82,5	130,5	202,5

Discussion

Cette étude montre que la concentration du mercure présent dans les produits de la mer consommés par une population vivant dans une zone côtière assez fortement industrialisée est plus élevée que dans les zones sans industrie. Cette différence est particulièrement prononcée pour la teneur en mercure total, statistiquement significative au niveau de 5%. La différence des teneurs en méthylmercure est plus faible, et son niveau est insuffisant pour avoir une signification statistique (0,1 p 0,05). Ces résultats montrent aussi que la pollution industrielle a essentiellement un impact sur la teneur en mercure total des produits de la pêche consommés et ses effets sont moindres sur la concentration de méthylmercure.

En moyenne, le méthylmercure représente 52,5% du mercure total présent dans les produits de la pêche de la zone expérimentale et 66,7% du mercure total de la zone témoin. On constate toutefois d'importantes variations dans le rapport méthylmercure : mercure total à l'intérieur d'une fourchette allant de 10,1 à 105,8% dans la zone expérimentale et de 5,3 à 106,6% dans la zone témoin. La régression linéaire entre la teneur en méthylmercure et en mercure total des produits de la pêche dans les zones examinées était néanmoins statistiquement significative (figures 1 et 2).

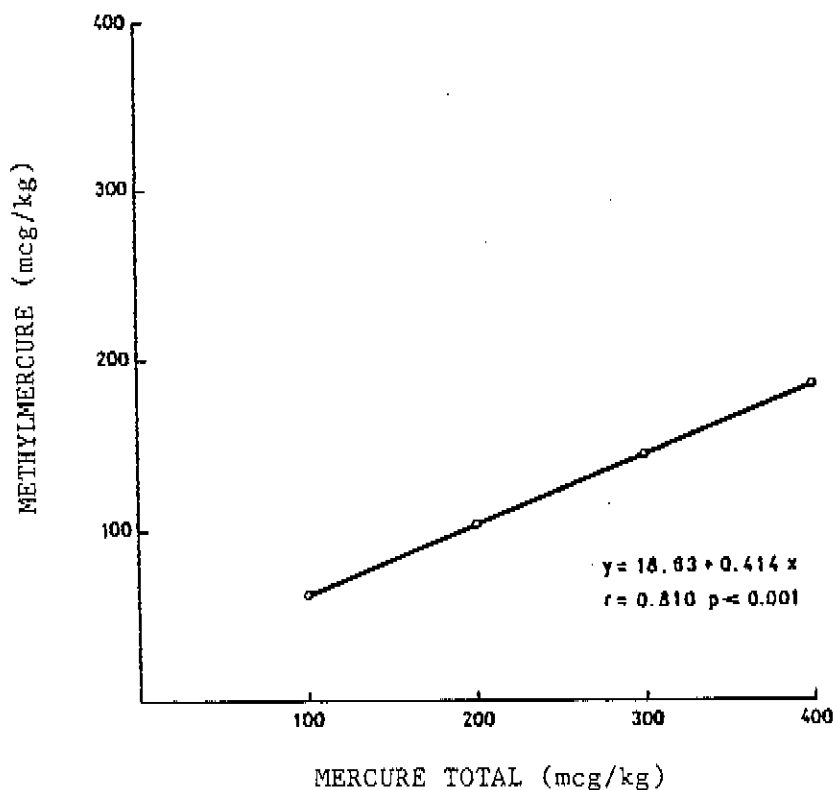


Fig. 1 Relation entre mercure total et méthylmercure dans les produits de la pêche (zone expérimentale)

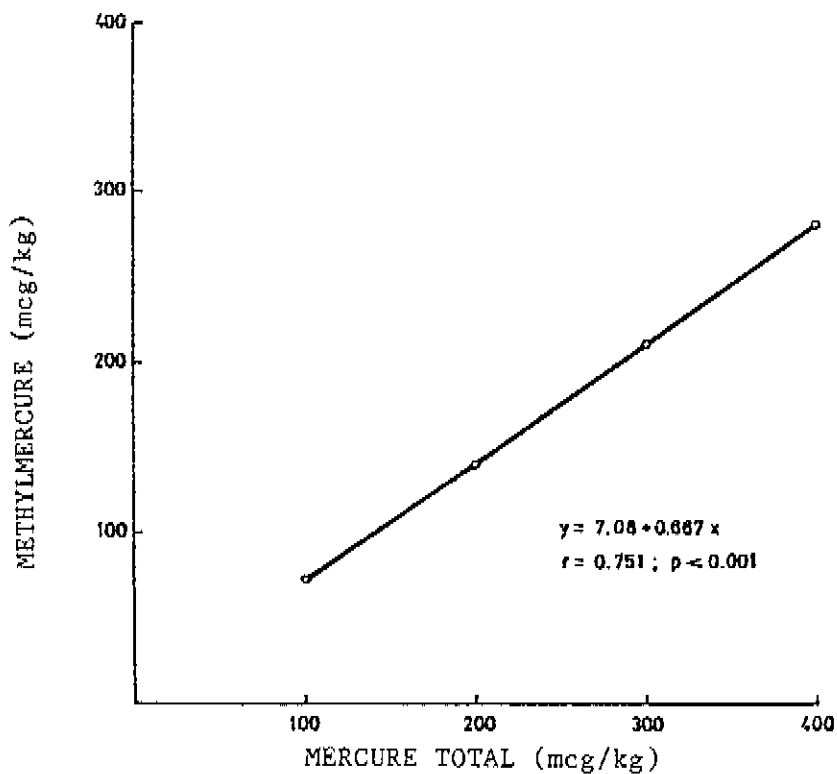


Fig. 2 Relation entre mercure total et méthylmercure dans les produits de la pêche (zone témoin)

On n'a pas noté de différence significative dans la concentration de mercure à l'intérieur d'une même espèce capturée en été ou en hiver. Les différences de concentration de mercure selon la taille du poisson, décrites par de nombreux auteurs étaient, elles aussi, assez faibles et sans signification statistique (tableau 12). L'absence de corrélation entre poisson et teneur en mercure réside sans doute dans le fait que le poisson consommé dans l'une et l'autre zones était d'assez petite taille, variant entre 40 et 250 g.

Tableau 12

Niveau de mercure total et de méthylmercure dans les espèces analysées, divisé par le poids du poisson

Poids (g)	Mercure total				Méthylmercure			
	Min.	Max.	Moyenne	Ecart type	Min.	Max.	Moyenne	Ecart type
50	0,045	0,845	0,290	0,250	0,032	0,320	0,114	0,090
50 - 99	0,034	1,370	0,252	0,305	0,019	0,656	0,161	0,178
100-149	0,054	0,550	0,258	0,158	0,038	0,201	0,109	0,053
150-200	0,073	1,180	0,326	0,364	0,022	0,583	0,156	0,192
200	0,077	0,820	0,233	0,290	0,024	0,316	0,191	0,103

Comme on l'a déjà vu dans les ouvrages publiés, les crustacés présentent une teneur en mercure plus élevée, par unité de masse corporelle, que le poisson. Ce type d'aliment est toutefois consommé par un nombre plus restreint de familles, et de façon peu fréquente. Parmi les espèces de produits de la pêche à assez forte teneur en mercure consommées plus fréquemment, il faut classer les mollusques, en particulier les seiches et les encornets.

A la suite de l'étude nutritionnelle sur les schémas de consommation de produits de la mer, on a estimé que, compte tenu de la concentration de mercure dans les espèces consommées, l'ingestion moyenne hebdomadaire de mercure total varie entre 64,5 mcg et 177,0 mcg dans la zone expérimentale, et entre 44,5 et 125,7 mcg dans la zone témoin. De même, l'ingestion de méthylmercure va de 34,5 à 90,8 mcg dans la zone expérimentale et de 27,5 à 102,0 mcg dans la zone témoin. On a toutefois constaté des différences de moins grande amplitude dans l'ingestion hebdomadaire de mercure dans les percentiles supérieurs de distribution des ingestions dans les deux zones. En fait, l'absorption hebdomadaire de méthylmercure dans les percentiles de distribution supérieurs était plus élevée dans la zone témoin que dans la zone expérimentale.

L'analyse des données relatives à la consommation de produits de la mer montre que la plus forte teneur en méthylmercure de l'alimentation de la zone témoin ne découle pas de la consommation de produits de la pêche contenant de plus fortes doses de mercure, mais essentiellement de la consommation plus fréquente de produits de la pêche pendant la période de l'enquête. Comme on l'a vu au tableau 5, 3,2% seulement des familles de la zone témoin n'ont pas consommé de produits de la pêche pendant la période en cause, contre 11,4% de familles de la zone expérimentale. Par ailleurs, 27,0% des familles de la zone témoin consommaient des produits de poisson cinq à sept fois par semaine, soit près de deux fois plus souvent que les familles de la zone expérimentale (13,9%). Ces données montrent qu'en dépit d'une plus faible teneur en mercure des produits de la pêche (en d'autres termes, une contamination moindre) dans la zone témoin, les familles consommant plus fréquemment des produits de la pêche en quantités peuvent absorber du mercure en quantités excédant les doses admissibles provisoires hebdomadaires.

Le nombre et le pourcentage des membres des familles consommant des quantités de mercure total et de méthylmercure dépassant la dose admissible provisoire hebdomadaire sont récapitulés, selon leur âge et leur sexe, au tableau 13. Ces données montrent que le pourcentage de membres de ces familles dont l'ingestion de mercure total dépassait le niveau de la dose admissible était généralement plus élevé dans la zone expérimentale que dans la zone témoin, en dépit d'une consommation moindre de produits de la pêche. Cela résulte d'une teneur plus élevée en mercure total (par la contamination) des produits de la pêche dans la zone expérimentale. D'autre part, dans la zone témoin, le pourcentage des individus dont la consommation hebdomadaire de méthylmercure dépasse 200 mcg résulte essentiellement de la plus forte consommation de produits de la pêche.

Le pourcentage le plus élevé de sujets dont on estime que l'ingestion de mercure total et de méthylmercure dépasse la dose admissible provisoire hebdomadaire affectait le groupe des 7 à 19 ans.

Tableau 13

Nombre et pourcentage de sujets dont la consommation de mercure total et de méthylmercure est estimée dépasser la dose admissible provisoire hebdomadaire de 300 mcg. Mercure total, dont 200 mcg de méthylmercure

Age (années)	Zone expérimentale				Zone témoin				
	Mercure total		Méthylmercure		Mercure total		Méthylmercure		
	N	%	N	%	N	%	N	%	
1 - 6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
7 - 12	H	3	20,0	0	0,0	1	5,9	1	5,9
	F	2	11,1	0	0,0	1	8,3	2	15,4
13 - 19	H	5	20,0	4	16,0	1	4,2	3	13,0
	F	4	20,0	0	0,0	1	8,3	2	16,7
20 - 49	H	13	16,3	7	8,8	4	5,3	10	13,3
	F	5	5,8	0	0,0	3	4,5	5	7,5
50 - 69	H	9	10,5	7	8,1	7	8,2	13	15,5
	F	4	4,9	2	2,5	1	1,6	4	6,5
70	H	1	7,7	0	0,0	2	13,3	2	14,3
	F	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	7,1

Niveaux de mercure présents dans les cheveux

Une fois les enquêtes nutritionnelles achevées, on a prélevé des échantillons de cheveux sur 42 enfants et adolescents (1 à 16 ans) de chaque zone et on les a analysés pour déterminer leur contenu en mercure total et en méthylmercure. Les analyses ont été effectuées par le Département de chimie nucléaire, Institut Josef Stefan, Ljubljana, par chromatographie en phase gazeuse, selon une méthode de référence spécifiquement élaborée pour le projet d'ensemble.

Pour les sujets de la zone expérimentale, les niveaux de mercure total variaient entre 0,10 et 5,30 ppm (moyenne : $1,75 \pm 1,33$) et les teneurs en méthylmercure, entre 0,09 et 3,70 ppm (moyenne : $1,41 \pm 1,05$). Pour les sujets de la zone témoin, les niveaux de mercure total variaient entre 0,41 et 3,80 ppm (moyenne : $1,73 \pm 0,88$). Dans l'un et l'autre cas, les différences ne présentaient pas de signification sur le plan statistique.

On trouvera aux tableaux 14 et 15, respectivement, les corrélations entre teneur en mercure des cheveux et certaines variables examinées dans les zones expérimentale et témoin.

Tableau 14

Rapport entre teneur des cheveux en mercure et certaines variables chez 42 sujets de la zone expérimentale

Variable	Concentration de mercure dans les cheveux	
	Hg total	MeHg
Age	-0,325	-0,224
Hg total dans l'alimentation (hiver)	0,152	0,104
MeHg dans l'alimentation (hiver)	0,133	0,045
Hg total dans l'alimentation (automne)	0,168	0,247
MeHg dans l'alimentation (automne)	0,024	0,101
Sélénium dans les cheveux	0,557	0,673

Tableau 15

Rapport entre teneur des cheveux en mercure et certaines variables chez 42 sujets de la zone témoin

Variable	Concentration de mercure dans les cheveux	
	Hg total	MeHg
Age	-0,217	-0,135
Hg total dans l'alimentation (hiver)	0,190	0,139
MeHg dans l'alimentation (hiver)	0,165	0,113
Hg total dans l'alimentation (automne)	0,068	0,016
MeHg dans l'alimentation (automne)	-0,007	0,057
Sélénium dans les cheveux	0,495	0,495

Ces données montrent que les quantités de mercure présentes dans les cheveux sont positivement liées à la présence de sélénium dans les cheveux et ce, de façon significative, et négativement liées à l'âge. On a constaté, en outre, une corrélation positive avec l'ingestion de mercure total dans la nourriture, encore que les coefficients de corrélation aient été sensiblement plus faibles.

Pour évaluer dans quelle mesure certaines variables indépendantes influencent la présence de mercure dans les cheveux, on a établi des corrélations multiples. Il s'ensuit que l'âge et le mercure alimentaire contribuent de façon significative aux variations des teneurs en mercure des cheveux ($R = 0,638$; $P = 0,001$). Si l'on néglige la variable "âge", l'incidence du mercure d'origine alimentaire seul est sensiblement plus faible ($R = 0,473$; $P = 0,05$). Ceci montre que 22% seulement des différences entre les quantités de mercure présentes dans les cheveux peuvent être expliquées par l'ingestion de mercure d'origine alimentaire.

4. CONCLUSIONS

Cette étude montre que dans une localité de la côte adriatique, en présence d'une sédimentation accrue dans l'eau côtière et la mer, et dont les niveaux de mercure sont imputables à la pollution industrielle locale, la teneur en mercure de la plupart des produits de la pêche est plus forte que dans une zone témoin sans industrie locale. La pollution industrielle entraîne un accroissement significatif de la teneur en mercure total des produits de la pêche dans le premier site, tandis que l'accroissement correspondant de la concentration de méthylmercure était moindre et sans signification statistique. Il ressort en outre des études nutritionnelles que l'ingestion hebdomadaire moyenne de mercure total d'origine alimentaire était plus élevée dans la zone polluée par l'industrie. Par contre, l'ingestion de méthylmercure d'origine alimentaire était plus élevée dans la zone témoin, sans doute par suite de la consommation de quantités supérieures de produits de poisson dans cette région. Néanmoins, lorsque les sujets examinés dans l'une et l'autre localités étaient appariés en fonction de la fréquence de leur consommation hebdomadaire de produits de la pêche, l'ingestion de mercure total et de méthylmercure était plus élevée dans la zone présentant une pollution industrielle. On peut donc conclure que la pollution industrielle locale de l'eau côtière est susceptible de jouer un rôle significatif en amenant l'absorption de mercure d'origine alimentaire à un niveau dépassant celui de la dose admissible provisoire hebdomadaire. Par ailleurs, ces résultats montrent aussi que, dans une localité sans pollution industrielle, la consommation de produits de la pêche, lorsqu'elle dépasse cinq fois par semaine, est également susceptible d'amener l'absorption de mercure d'un certain nombre d'individus à des niveaux excédant la dose admissible provisoire hebdomadaire. Les quantités de mercure présentes dans les cheveux des 84 sujets examinés n'ont dans aucun cas donné à penser qu'il était judicieux de procéder à des études cliniques et, si l'on a déterminé une corrélation positive entre les quantités de mercure présentes dans les cheveux et l'ingestion de mercure total d'origine alimentaire, cette corrélation est relativement faible.

Annexe 2

Rapport sur une enquête nutritionnelle et détermination
des quantités de mercure présentes dans les cheveux
de certains échantillons de population grecque

par

Mme le professeur Antonia Polychronopoulou-Trichopoulou
Département de nutrition et de biochimie
Ecole de santé publique d'Athènes
Athènes (Grèce)

et

Mme le docteur Sheena Nakou
Institut de santé infantile
Hôpital pédiatrique Aghia Sofia
Athènes (Grèce)

1. INTRODUCTION

Les concentrations de mercure présentes dans les produits de la pêche en Méditerranée sont en général plus élevées que celles que l'on détermine dans les autres mers, et des préoccupations se sont fait jour à l'égard des risques potentiels pour la santé des populations de cette région découlant de la consommation de produits de la pêche contaminés par le mercure. On a donc jugé indispensable de chercher à identifier les secteurs de population - notamment dans les zones côtières - dont on soupçonne qu'ils sont menacés, et de déterminer l'ampleur et la gravité du problème.

La présente étude a été entreprise en 1985 dans le cadre du projet OMS/FAO/PNUÉ sur le méthylmercure dans les populations méditerranéennes et les risques connexes pour la santé. Elle pour objet d'explorer l'exposition réelle des sujets grecs au mercure total et au méthylmercure, en fonction de leur schéma de consommation alimentaire et de certains autres facteurs, et d'examiner les effets possibles de faibles concentrations de méthylmercure sur la santé humaine. Le plan d'étude était le suivant : 1) choix de zones pilotes le long de la côte grecque, où la pollution marine par effluents industriels et la consommation régulière de produits frais, pêchés localement, pouvait suggérer une exposition potentielle; 2) réalisation d'une enquête nutritionnelle dans certains échantillons de population vivant dans ces régions, pour déterminer les quantités et types de produits de la pêche consommés; et 3) analyse des cheveux de certains sujets faisant partie de ces échantillons de population, pour doser le mercure qu'ils contiennent.

2. CHOIX DES ZONES ET DES ECHANTILLONS DE POPULATION

Au cours de la première année, on a retenu deux zones pilotes en Attique : la ville côtière industrielle d'Elefsina, où la mer est normalement sujette à pollution par les effluents d'Athènes et des villes industrielles voisines, et la ville non industrielle de Paiania, située à quelque 20 km de la côte. Les échantillons de population ont été choisis parmi des familles

ayant des petits enfants dans la première zone, et des écoliers dans la seconde. On a, en outre, retenu un groupe de jeunes gens venant d'être appelés à servir dans la marine grecque, au port de Skaramanga, et faisant tous partie de familles de pêcheurs de différentes régions grecques. On a examiné au total 1500 sujets de ces trois groupes pour déterminer les quantités et type de produits de la pêche consommés par le biais d'une enquête nutritionnelle.

3. ENQUETE NUTRITIONNELLE

L'enquête nutritionnelle a été réalisée sur la base du questionnaire reproduit au tableau 1. Il s'agit essentiellement d'une version simplifiée du protocole élaboré en 1982 pour le projet d'ensemble. La présentation du questionnaire et les entrevues attachaient une attention égale à toutes les rubriques (produits de la pêche ou autres) pour éviter toute erreur d'interprétation du projet. Dans l'échantillon initial de 1500 personnes, on a trouvé au total 250 individus consommant deux ou plusieurs repas à base de produits de la mer par semaine.

4. ECHANTILLONNAGE ET ANALYSE DES CHEVEUX

Des échantillons de cheveux ont été prélevés sur 140 individus faisant partie du sous-échantillon susmentionné de 250 personnes : 36 étaient originaires de la zone "exposée" (Elefsina) et il s'agissait de 2 hommes adultes, de 19 femmes adultes (dont la plupart étaient enceintes) et de 15 enfants de 2 à 4 ans; de 87 écoliers de la zone "non exposée" (Paiania) et de 17 marins appelés du port de Skaramanga (considérés comme "exposés", compte tenu de leur appartenance encore récente à des familles de pêcheurs). On a constaté que, dans ce dernier groupe, un individu consommait 20 repas par semaine à base de produits de la mer.

L'échantillonnage a été effectué selon la méthode de référence applicable à la détermination du mercure total, du méthylmercure et du sélénium dans les cheveux humains, mise au point par l'Institut Josef Stefan de Ljubljana (Yougoslavie) pour le projet. Les analyses ont été effectuées par l'Institut.

Dans la population d'Elefsina, la fourchette des niveaux de mercure total dans les cheveux allait de 0,48 à 0,51 ppm pour les 15 enfants, et de 0,72 à 2,6 ppm pour les 21 adultes. Les chiffres correspondants pour les quantités de méthylmercure présentes dans les cheveux étaient 0,37 à 1,16 ppm et 0,25 à 1,4 ppm, respectivement. Les niveaux de mercure total et de méthylmercure dans les cheveux des 87 écoliers de Paiania étaient de 0,38 à 4,0 ppm et 0,09 à 4,2 ppm, respectivement. Parmi les 17 jeunes appelés de la marine (pêcheurs) de la base de Skaramanga, la fourchette des quantités de mercure total et de méthylmercure présentes dans les cheveux était de 0,56 à 38,0 ppm et 0,16 à 35,96 ppm, respectivement. Dans ce dernier groupe, tous les sujets sauf celui qui présentait les valeurs extrêmes (identifié comme ayant consommé 20 repas à base de poisson par semaine), présentaient des niveaux inférieurs à 5 ppm pour le mercure total et 4 ppm de méthylmercure. On trouvera, au tableau 2, la fourchette, la moyenne et l'écart type pour les niveaux de méthylmercure dans les cheveux.

Tableau 1

Questionnaire employé pour l'enquête nutritionnelle dans des échantillons de la population grecque

ECOLE DE SANTE PUBLIQUE D'ATHENES
DEP. DE BIOCHIMIE ET NUTRITION
NOM
ADRESSE TEL.....

CODE
DATE
AGE
PROFESSION

Combien de fois, en moyenne, avez-vous consommé les aliments suivants au cours des six mois écoulés ?

Type d'aliment	Jamais	Rarement	Au moins une fois par mois	Une fois par semaine	Au moins deux fois par semaine	Journellement. Dans ce cas, combien de fois par jour
1. Viande de porc						
2. Viande de boeuf						
3. Viande d'agneau						
4. Foie						
5. Poulet						
6. Poisson frais						
7. Poisson congelé						
8. Conserves de poisson						
9. Morue salée séchée						
10. Poulpes						
11. Seiches communes						
12. Seiches						
13. Crevettes, homards						
14. Crustacés et mollusques						
15. Saucisson, charcuterie						
16. Oeufs						
17. Lait						
18. Fromage						
19. Yoghourt						
20. Beurre						
21. Margarine						
22. Fruits						
23. Légumes						
24. Pain						
25. Pâtes alimentaires						
26. Riz						
27. Pommes de terre						
28. Légumes secs						
29. Glaces						
30. Confiserie						

Tableau 2

Teneur en méthylmercure des cheveux dans des échantillons
de la population grecque

1.	Elefsina (ville industrielle)	adultes (21)	fourchette : 0,25 - 1,42 ppm moyenne : 0,66 ± 0,58
		enfants (15)	fourchette : 0,37 - 1,59 ppm moyenne : 0,72 ± 0,6
2.	Paiania (ville non industrielle)	enfants (87)	fourchette : 0,09 - 4,15 ppm moyenne : 0,63 ± 0,5
3.	Skaramanga (familles de pêcheurs)	adultes (17)	fourchette : 0,16 - 35,96 ppm moyenne : 3,9 ± 2,11
TOTAL		140	fourchette : 0,09 - 35,96 ppm moyenne : 1,31 ± 1,06

Les résultats relatifs au méthylmercure et au mercure total ont été analysés par régression multiple, compte tenu de l'âge, du sexe, du lieu d'origine et de la fréquence déclarée des repas à base de produits de la mer. Les observations sont récapitulées aux tableaux 3 et 4.

Tableau 3

Coefficients de régression partielle (2), erreurs type des régressions partielles (3), valeurs-t (4) et niveaux significatifs P (5) de la régression linéaire multiple du méthylmercure sur une série de variables indépendantes (1)

Variables indépendantes (1)	Coefficients de régression partielle (2)	Erreurs type (3)	Valeurs-t (4)	Valeurs P (5)
Sexe	- 0,1130	0,1210	- 0,93	0,35
Age	- 0,0022	0,0075	- 0,30	0,76
Consommation de poisson	- 0,0680	0,2164	- 0,31	0,76
Lieu d'origine	- 0,8090	0,5153	- 1,57	0,12
Consommation de poisson X				
Lieu d'origine	0,5462	0,2393	2,28	0,12

Tableau 4

Coefficients de régression partielle (2), erreurs type des régressions partielles (3), valeurs-t (4) et niveaux significatifs P (5) de la régression linéaire multiple du mercure total sur une série de variables indépendantes (1)

Variables indépendantes (1)	Coefficients de régression partielle (2)	Erreurs type (3)	Valeurs-t (4)	Valeurs P (5)
Sexe	- 0,2171	0,1476	1,47	0,14
Age	- 0,0251	0,0092	- 2,74	0,006
Consommation de poisson	- 0,1851	0,2639	- 0,70	0,48
Lieu d'origine	- 0,6581	0,6285	- 1,05	0,29
Consommation de poisson X				
Lieu d'origine	0,6965	0,2918	2,39	0,02

Le modèle de régression pour le méthylmercure est dominé par les termes d'interaction (tableau 1) lorsque la consommation de produits de la pêche est modérée à élevée, la concentration de méthylmercure est supérieure chez les habitants des villages côtiers et augmente chez eux avec la fréquence de la consommation de poisson. On n'a déterminé aucune association significative entre concentration de méthylmercure dans les cheveux et d'autre part l'âge ou le sexe. Chez tous les individus sauf un, les concentrations demeurent dans des limites acceptables.

Pour le mercure total, le modèle de régression multiple comporte certains éléments similaires à ceux qui caractérisent le modèle pour le méthylmercure, mais on constate en outre une forte corrélation négative, très significative sur le plan statistique, avec l'âge.

Ces résultats font apparaître la nécessité de poursuivre l'étude à plus grande échelle et de lier l'enquête nutritionnelle à un examen des sources de poisson et d'autres produits de la pêche consommés et à une analyse de la quantité de méthylmercure présente dans les différentes espèces.

Annexe 3

Consommation du mercure contenu dans les produits de la pêche
par des échantillons de population de trois zones côtières
de la mer Tyrrhénienne

par

M. le professeur A. Renzoni
Département de biologie de l'environnement
Université de Sienne
Sienne (Italie)

1. INTRODUCTION

Les niveaux élevés de mercure présents dans différentes espèces comestibles de la faune marine de la mer Méditerranée, enregistrés dans les ouvrages publiés, et confirmés par les résultats du projet pilote FAO/PNUE sur les études de base et la surveillance continue des métaux lourds (notamment le mercure et le cadmium) dans les organismes marins réalisées entre 1975 et 1981, donnent à penser que le risque pour la population humaine riveraine du bassin méditerranéen est peut-être plus élevé que dans d'autres parties du monde.

Dans la mer Méditerranée, une zone est particulièrement intéressante : il s'agit du centre de la mer Tyrrhénienne (Toscane méridionale) où des dépôts intérieurs de cinabre abondent et où, jusqu'à une époque récente, le mercure est raffiné et ce, depuis des siècles. La faune marine de cette zone a été analysée régulièrement au cours des dix dernières années, révélant des niveaux de mercure plus élevés que dans toute autre partie de la Méditerranée, y compris les autres secteurs de la mer Tyrrhénienne elle-même.

La présente étude a été entamée à la fin de 1985, dans le cadre de la composante "recherche" de MED POL - Phase II, au titre du projet OMS/FAO/PNUE sur le méthylmercure dans les populations européennes et les risques sanitaires connexes. Elle porte essentiellement sur l'analyse du mercure présent dans la faune marine comestible de certaines zones pilotes. Elle revêt la forme d'une enquête sur l'alimentation de certains pêcheurs et de leur famille constituant des secteurs déterminés des échantillons de populations dont il a été question plus haut, et vise à établir de manière aussi détaillée que possible la situation actuelle à l'égard d'ingestion de méthylmercure, par rapport à des niveaux acceptables ou tolérables, et leurs effets potentiels sur la santé.

2. CHOIX DES STATIONS ET ECHANTILLONS DE POPULATION

Trois stations ont été choisies (cf. figure 1). La station A représente une zone affectée par la pollution industrielle et d'autres sources anthropogènes de mercure, la station B est située dans une zone sans source anthropogène de mercure mais présente une activité volcanique à proximité immédiate, enfin la station C est une zone où les pêcheurs passent près de sept mois par an à bord de leurs embarcations et sont par conséquent exposés à une ingestion élevée de mercure imputable à la quantité excessive de poisson consommé et non pas tellement du fait d'un niveau particulier de mercure dans le poisson.



Fig. 1 Stations situées dans la mer Tyrrhénienne centrale, choisies pour l'étude sur la présence et les concentrations de mercure

3. CONCENTRATIONS DE MERCURE PRESENTES DANS LES PRODUITS DE LA PECHE

Les données recueillies pendant la période d'exécution du projet MED POL, de 1975 à 1980, ont donné des niveaux de mercure, dans les espèces marines de la même zone que la station A, variant d'un minimum de 160 ng.g⁻¹ (pour les anchois) jusqu'à un maximum de 1280 ng.g⁻¹ (pour le rouget barbet). L'un et l'autre chiffres représentent des moyennes pour les saisons auxquelles l'échantillonnage et l'analyse ont été effectués. Les analyses récentes, réalisées dans le cadre du projet en cours (tableau 1) semblent indiquer une faible diminution des niveaux de mercure, à tout le moins pour les trois espèces le plus régulièrement analysées au cours du projet précédent (tableau 2). Il est cependant impossible, à l'heure actuelle, de tirer des conclusions valables. La collecte des échantillons dans les deux autres stations (B et C) était en cours lors de la rédaction du présent rapport. Les études précédentes dans la zone de la station B donnaient une fourchette de concentrations de mercure total de 110 à 530 ng.g⁻¹, avec une moyenne de 230. Pour la station C, les chiffres de 1975 relatifs aux concentrations de mercure total pour deux espèces benthiques sont : 400 à 1100 ng.g⁻¹ (moyenne : 720) pour la langoustine, et 800 à 1500 ng.g⁻¹ (moyenne : 1140) pour la rascasse. On trouvera au tableau 3 les résultats actuellement en notre possession, relatifs au présent projet à la station C, concernant l'une de ces espèces (langoustine) ainsi que la crevette rose des profondeurs et d'autres espèces.

Tableau 1

Teneur en mercure total des espèces les plus communes de produits de la pêche consommées par les pêcheurs de la station A (exprimée en ng.g⁻¹, poids vif)

<u>Espèces</u>	<u>X</u>
Crevette rouge	1190
Crevette rose des profondeurs	1120
Turbot	650
Merlu d'Europe	180
Encornet	310
Seiche	300
Rouget grondin	190
Pandora	535
Chinchard	260
Bogue	440
Poulpe commun	550
Rouget barbet	700
Langoustine	835

Tableau 2

Teneur en mercure total de trois espèces de produits de la pêche de la station A dans des études effectuées a) entre 1975 et 1980 et b) pendant la présente étude (exprimée en ng.g^{-1} , poids vif)

	1975-1980		1986	
	Nombre d'échantillons	Concentrations moyennes	Nombre d'échantillons	Concentrations moyennes
<u>Engraulis encrasicolus</u>	190	160	19	140
<u>Nephrops norvegicus</u>	156	960	29	834
<u>Mullus barbatus</u>	153	1280	13	700

Tableau 3

Teneur en mercure total de deux espèces benthiques de la station C (eaux côtières de la Sardaigne) en ng.g^{-1}

<u>Espèces</u>	<u>n</u>	<u>X</u>	<u>Ecart type</u>
Crevette rose des profondeurs	18	632	245
Langoustine	16	460	180

Pendant le projet en cours, toutes les analyses de mercure total dans les organismes marins comestibles sont effectuées selon les méthodes normalisées de référence utilisant la spectrophotométrie à absorption atomique de vapeur froide, mises au point pour le programme MED POL et utilisées pendant tout le projet "mercure". Toutes les valeurs sont exprimées en ng.g^{-1} , poids vif.

4. ENQUETE NUTRITIONNELLE

Etant donné qu'il s'agit, à ce stade, d'opérations préliminaires, une première enquête nutritionnelle a été effectuée, essentiellement sur la base de questions et réponses orales. Des échantillons de population ont été présélectionnés pour interview, après l'obtention de données générales relatives à la consommation de produits de la pêche.

Au total, 220 sujets ont été interrogés. A la station A (les deux villes de Porto S. Stefano et Porto Ercole sur le promontoire de l'Agentarro), on a enregistré que les pêcheurs adultes consomment de quatre à huit repas à base de produits de la mer par semaine. Le tableau 4 donne les équivalents en kg/semaine chez les 58 personnes enquêtées. Les autres membres de leur famille consommaient des quantités moindres (jusqu'à trois repas par semaine,

soit au total environ 0,4 kg par habitant). Les espèces le plus fréquemment consommées sont le merlu, les crevettes (deux à trois espèces), le chinchard, le rouget barbet (mullus barbatus), l'encornet, la pieuvre commune, le pageot commun, les rascasses, la langoustine et le turbot.

Tableau 4

Consommation de produits de la pêche par 58 pêcheurs de la station A
(Porto S. Stefano)

Produits de la mer (kg/semaine)	Nombre de pêcheurs
1	7
2	30
3	16
4	3
6	1
7	1

Principales espèces : merlu, crevettes, chinchard, rouget barbet (mullus barbatus), encornet, pieuvre commune, rascasse, turbot, seiche commune, langoustine

A la station B (l'île de Salina), les pêcheurs exploitant les îles Eoliennes et les non-pêcheurs travaillant dans des domaines connexes (vendeurs de poisson ambulants, employés des restaurants de poisson, etc.) ont été enregistrés comme consommateurs d'un minimum de quatre repas hebdomadaire à base des produits de la pêche. Les espèces les plus communes sont le surmulet, l'espadon, les thonidés, la sériole (seriola dumerilii), l'anchois, le pageot commun, le homard, les crevettes, la pieuvre commune et la seiche commune.

A la station C (la côte de Sardaigne), on s'est surtout occupé des pêcheurs passant en mer au moins sept mois par an, exploitant leurs propres eaux au printemps et en été et les eaux avoisinant la station A en automne et en hiver. Les principaux produits de la pêche consommés sont les mêmes qu'à la station A.

5. ANALYSE DES CHEVEUX

L'analyse des cheveux pour détermination du mercure total et du méthylmercure a été effectuée par l'Institut Josef Stefan à Ljubljana (Yougoslavie). L'échantillonnage a été pratiqué après l'enquête nutritionnelle. A la date de rédaction du présent rapport, on disposait des résultats relatifs à 7 pêcheurs de la station A. Les cheveux de 19 personnes vivant dans des villes situées à l'intérieur, au voisinage de la station et consommant des produits de la pêche une fois par mois au maximum, ont été échantillonnés en guise de témoins. Les niveaux enregistrés variaient entre 3,58 et 29,66 ppm (mercure total) et 3,45 à 25,3 ppm (méthylmercure) pour les pêcheurs. Quant aux témoins, les fourchettes correspondantes sont : 0,35 à 2,97 ppm et 0,17 à 1,64 ppm, respectivement. L'analyse statistique des résultats est reproduite au tableau 5.

Tableau 5

Comparaison des concentrations de mercure dans les cheveux chez :
 a) 7 pêcheurs consommant 4 repas ou davantage par semaine à base de produits de la pêche et b) 19 non-consommateurs de produits de la pêche

Echantillon de population	Total Hg (ppm)	MeHg (ppm)
a (pas de produits de la mer) (n=19)	X = 1,12 écart type = 0,7	X = 0,77 écart type = 0,53
b (4 repas ou plus par semaine) (n=7)	X = 16,03 écart type = 9,93	X = 13,28 écart type = 8,31

	<u>Méthylmercure</u>	<u>Mercure total</u>
a (n = 19)	Y = 0,03 + 0,65 X	r = 0,94
b (n = 7)	Y = 0,38 + 0,80 X	r = 0,96

6. CONCLUSION

La présente étude ne porte que sur moins d'un an. Il est cependant d'ores et déjà établi que les pêcheurs adultes constituent un groupe particulièrement menacé par suite de la quantité de produits de la pêche consommés, et compte tenu du niveau relativement élevé de mercure présent dans ces aliments.

Annexe 4

Analyse du mercure total, du méthylmercure et du sélénium
présents dans les cheveux d'échantillons de populations grecque,
italienne et yougoslave

par

M. le docteur P. Stegnar
Département de chimie nucléaire
Institut Josef Stefan
Ljubljana (Yougoslavie)

1. INTRODUCTION

La présente étude a été réalisée dans le cadre du projet OMS/FAO/PNUE sur le méthylmercure dans les populations méditerranéennes et les risques connexes pour la santé et, à ce titre, des échantillons de cheveux ont été recueillis auprès de certains secteurs de la population dans des zones côtières de Grèce, d'Italie et de Yougoslavie. Ces échantillons ont été analysés pour déterminer leur teneur en mercure total, méthylmercure et (dans un certain nombre de cas) en sélénium. Lors de la rédaction du rapport, au total 250 échantillons de cheveux avaient été reçus des institutions participantes (140 provenaient de Grèce, 26 d'Italie et 84 de Yougoslavie). Tous ces échantillons ont été analysés pour déterminer le mercure total et le méthylmercure, et 60 échantillons (42 de Grèce et 18 de Yougoslavie) ont été analysés, en outre, pour doser le sélénium.

2. METHODOLOGIE

Les échantillons de cheveux ont été recueillis par les institutions participantes, conformément à un protocole élaboré tout particulièrement en vue d'assurer la normalisation des opérations. Le numéro de code, le nom, l'âge du donneur et la date du prélèvement ont été enregistrés sur un marqueur fixé à un sachet transparent en matière plastique de 12 x 5 cm. Les cheveux ont été coupés aussi près que possible du cuir chevelu avec des ciseaux, à raison d'environ 0,5 g. Il avait été recommandé de prélever les cheveux de préférence dans la région occipitale. Les cheveux ont été recueillis sur une feuille de papier blanc, les extrémités toutes tournées dans le même sens, et les échantillons ont été ensuite transférés dans le sachet avec une pince, ou bien le papier a été plié et les cheveux glissés dans le sachet. Les extrémités des cheveux ont été marquées et un imprimé (tableau 1) a été fourni.

Le mercure total a été déterminé par spectrophotométrie à absorption atomique de vapeur froide, après minéralisation totale de l'échantillon dans un système à double flux. Le méthylmercure a été déterminé par chromatographie gaz liquide. Après désintégration de l'échantillon dans une solution d'hydroxyde de sodium, le méthylmercure a été extrait d'une aliquote de la solution dans du toluène et, après purification, un faible volume a été injecté dans une colonne chromatographique remplie de succinate de glycol-polyéthylène, sur diatomite AW. Le méthylmercure du mélange gazeux a été détecté par une méthode sélective, et la dose déterminée par comparaison de la hauteur maximale et de celle des normes appropriées. Pour doser le sélénium, les échantillons ont d'abord été réduits en cendres avec du nitrate de

magnésium. Le principe appliqué exigeait la réaction de 4-nitro-1,2- diamino- benzène avec du sélénium IV pour donner du 5-nitro-2,1,3- benzosélénodiazole, que l'on peut extraire au toluène ou au benzène. Le sélénium en phase soluble a été déterminé par chromatographie gaz liquide, avec un détecteur à capture d'électrons.

Ces trois méthodes de dosage sont décrites en détail dans une méthode de référence mise au point spécifiquement pour le projet.

3. RESULTATS

Les résultats des analyses ont été retransmis aux chercheurs principaux, dans les instituts participant au projet, afin qu'ils puissent établir les corrélations existant avec d'autres données (analyse des produits de la pêche et enquêtes nutritionnelles). On trouvera aux tableaux 2, 3 et 4, des résultats individuels détaillés (niveaux de mercure total, de méthylmercure et de sélénium) pour les groupes de populations grecque, italienne et yougoslave, respectivement.

On trouvera aux figures 1, 2 et 3 les fréquences de distribution des quantités de mercure présentes dans les cheveux (mercure total et méthylmercure) pour les trois groupes, et les fréquences de distribution de la fraction de méthylmercure dans le mercure total présent dans les cheveux de chaque groupe sont récapitulées dans les figures 4, 5 et 6.

L'analyse statistique des résultats, y compris la corrélation avec les données obtenues auprès des autres composantes du projet, a été effectuée par les institutions ayant fourni les échantillons de cheveux.

Tableau 2

Méthylmercure, mercure total et sélénium dans les cheveux
d'un groupe de population en Grèce (N = 140)

Echan- tillon No.	CH ₃ Hg ⁺ (ug g ⁻¹)	Hg total (ug g ⁻¹)	Se (ug g ⁻¹)	Echan- tillon No.	CH ₃ Hg ⁺ (ug g ⁻¹)	Hg total (ug g ⁻¹)	Se (ug g ⁻¹)
1	0,57	0,89		71	0,65	1,25	
2	0,60	0,88		72	0,20	0,94	
3	0,60	0,92		73	0,33	0,83	
4	1,05	1,19	0,50	74	0,55	0,95	
5	0,44	0,92		75	0,15	0,55	
6	0,62	0,98		76	0,40	0,90	
7	0,59	1,59		77	0,44	1,53	
8	0,39	0,85		78	0,15	0,51	
9	1,59	2,02	0,43	79	0,23	0,90	
10	1,28	1,30	0,27	80	0,54	0,72	
11	0,90	1,68	0,46	81	0,50	1,10	
12	0,79	1,70	0,36	82	1,73	2,35	
13	0,25	0,69	0,31	83	0,17	0,60	
14	1,42	2,62	0,59	84	0,26	1,40	
15	0,61	1,85	0,36	85	0,09	1,60	
16	0,49	1,50	0,38	86	0,42	0,76	
17	1,00	1,16	0,44	87	0,25	1,08	
18	0,47	0,82		88	0,51	1,19	
19	0,37	0,48		89	0,56	2,15	
20	0,39	0,72		90	0,27	0,90	
21	0,39	0,78		91	0,10	1,17	
22	1,00	1,28	0,51	92	0,45	1,50	
23	0,89	5,09	0,46	93	4,15*	3,82	0,42
24	0,99	2,54	0,33	94	0,75	1,19	0,50
25	0,56	0,92		95	0,50	0,86	
26	0,85	1,07		96	1,81	3,00	0,44
27	0,57	4,03	0,48	97	0,54	1,38	
28	0,60	0,80		98	0,25	0,47	
29	0,60	0,62		99	0,38	0,68	
30	0,58	0,70		100	0,34	0,85	
31	0,83	1,12	0,42	101	0,32	0,56	
32	0,93	1,58	0,33	102	0,15	0,50	
33	0,24	0,45		103	0,61	1,06	
34	1,04	1,10	0,42	104	0,84	0,91	
35	0,24	1,05		105	0,46	0,78	
36	0,37	0,77		106	0,19	0,40	
37	0,54	0,75		107	0,43	0,67	
38	0,43	0,75		108	0,90	0,93	0,37
39	0,32	0,45		109	1,01*	0,95	

Tableau 2 (suite)

Echan- tillon No.	CH ₃ Hg ⁺ (ug g ⁻¹)	Hg total (ug g ⁻¹)	Se (ug g ⁻¹)	Echan- tillon No.	CH ₃ Hg ⁺ (ug g ⁻¹)	Hg total (ug g ⁻¹)	Se (ug g ⁻¹)
40	0,62	0,79		110	0,33	0,71	
41	1,65	1,67	0,42	111	0,29	1,13	
42	0,69	0,78		112	0,81*	0,52,42	
43	1,31	1,45		113	0,88	1,06	0,41
44	1,14	1,14	0,39	114	3,21	3,80	
45	0,23	0,43		115	2,69	2,90	0,35
46	0,27	0,43		116	0,16	0,56	
47	0,44	0,81		117	0,55	1,90	
48	0,43	0,63		118	0,42	0,45	
49	0,48	0,91		119	1,11	1,40	0,56
50	1,11	1,41	0,47	120	0,85	1,60	
51	1,42	1,78	0,54	121	4,38*	4,29	0,51
52	0,59	1,24		122	3,59	4,20	0,56
53	0,36	0,53		123	35,96	37,51	0,74
54	0,20	0,38		124	0,55	0,73	
55	0,33	0,56		125	2,30	2,74	0,52
56	0,63	0,83		126	1,12	1,98	0,43
57	0,67	0,92		127	2,92	3,04	0,52
58	0,53	0,98		128	2,53	2,59	0,47
59	1,43	1,43	0,38	129	1,98	2,07	0,42
60	1,19	1,13	0,42	130	2,11	2,23	0,48
61	0,73	1,10		131	0,85	1,29	
62	0,50	0,69		132	0,45	4,71	
63	1,06	1,40	0,40	133	0,37	0,71	
64	0,49	0,64		134	0,41	0,85	
65	0,37	0,45		135	0,83	0,87	
66	0,52	0,66		136	0,32	1,13	
67	2,17*	1,91	0,45	137	0,42	0,86	
68	0,49	1,01	0,32	138	0,55	1,42	
69	0,55	0,77		139	0,70	2,86	
70	0,30	0,40		140	0,55	1,97	

* On a montré que les variations entre les résultats sont essentiellement dues au manque d'homogénéité de l'échantillon.

Tableau 3

Méthylmercure, mercure total et sélénium dans les cheveux
d'un groupe de population en Italie (N = 140).

T = témoins non consommateurs de produits de la pêche, SA = pêcheurs adultes

Echan- tillon No.	Hg total ugHg g ⁻¹	MeHg ugMeHg g ⁻¹	Echan- tillon No.	Hg total ugHg g ⁻¹	MeHg ugMeHg g ⁻¹
T 1	2,97	2,10	SA 1	6,82	6,17*
T 2	0,74	0,48	SA 2	3,58	3,45
T 3	1,22	0,84	SA 3	29,66	25,31
T 4	0,58	0,44	SA 4	24,76	15,78*
T 5	0,58	0,34	SA 5	8,99	6,34
T 6	1,53	0,86*	SA 6	16,04	14,09
T 7	0,26	0,20	SA 7	22,42	21,79
T 8	0,76	0,72			
T 9	2,07	1,64			
T 10	0,76	0,51			
T 11	0,35	0,17			
T 12	1,01	0,85			
T 13	1,84	1,53*			
T 14	0,81	0,81*			
T 15	0,91	0,43			
T 16	2,59	1,31			
T 17	0,84	0,50			
T 18	1,15	0,68			
T 19	0,45	0,30			

* Quantité de cheveux insuffisante pour permettre la réplification des dosages dans des aliquotes indépendantes.

Tableau 4

Méthylmercure, mercure total et sélénium dans les cheveux
d'un groupe de population yougoslave (N = 84)

Echan- tillon No.	Hg total ugHg g ⁻¹	MeHg ugMeHg g ⁻¹	Selenium ugSe g ⁻¹	Echan- tillon No.	Hg Total ugHg g ⁻¹	MeHg ugMeHg g ⁻¹	Selenium ugSe g ⁻¹
1	1,67	1,36		43	2,27	2,00	
2	3,61	3,24	0,41	44	0,78	0,64	0,34
3	3,24	2,40	0,38	45	0,68	0,58	
4	1,43	1,17		46	0,85	0,64	
5	1,17	1,07	0,42	47	0,58	0,28	
6	2,74	2,58	0,42	48	0,53	0,41	
7	1,19	1,09	0,38	49	0,41	0,37	
8	0,66	0,56		50	2,58	2,28	
9	1,31	1,04	0,37	51	0,81	0,54	
10	1,44	1,31		52	1,38	1,35	
11	1,08	0,97		53	1,38	1,35	
12	0,33	0,32		54	1,01	0,76	
13	0,10	0,09		55	3,04	2,48	0,33
14	0,50	0,49		56	1,78	1,52	
15	1,37	0,77		57	0,58	0,31	
16	1,29	0,93		58	1,57	0,94	
17	0,54	0,50		59	2,62	1,89	0,29
18	0,82	0,66		60	1,52	1,00	
19	1,18	1,04		61	2,36	1,76	
20	0,32	0,22		62	2,52	2,02	
21	0,10	0,10		63	2,13	1,02	
22	0,66	0,53		64	3,51	2,32	
23	0,81	0,72		65	3,75	3,35	
24	1,10	0,99		66	1,65	1,40	
25	0,46	0,24		67	2,08	1,74	
26	4,90	1,34		68	1,84	1,75	
27	3,61	2,63	0,36	69	2,59	2,03	
28	0,52	0,44		70	0,83	0,58	
29	5,30	3,90	0,35	71	1,34	1,33	
30	1,68	1,58		72	0,57	0,45	
31	2,45	2,35	0,42	73	2,32	1,95	
32	1,85	1,22		74	4,72	3,14	
33	0,82	0,66		75	2,18	1,86	
34	1,65	1,48		76	7,40	7,09	
35	2,26	2,06	0,45	77	4,60	3,71	
36	1,73	1,70		78	5,50	4,46	
37	3,75	3,62	0,33	79	2,79	1,95	
38	3,85	3,47	0,34	80	2,94	2,36	
39	1,58	1,56		81	5,10	4,52	
40	3,06	2,30	0,33	82	1,75	1,36	
41	1,21	0,93		83	4,80	4,75	
42	4,11	3,70	0,35	84	2,30	1,90	

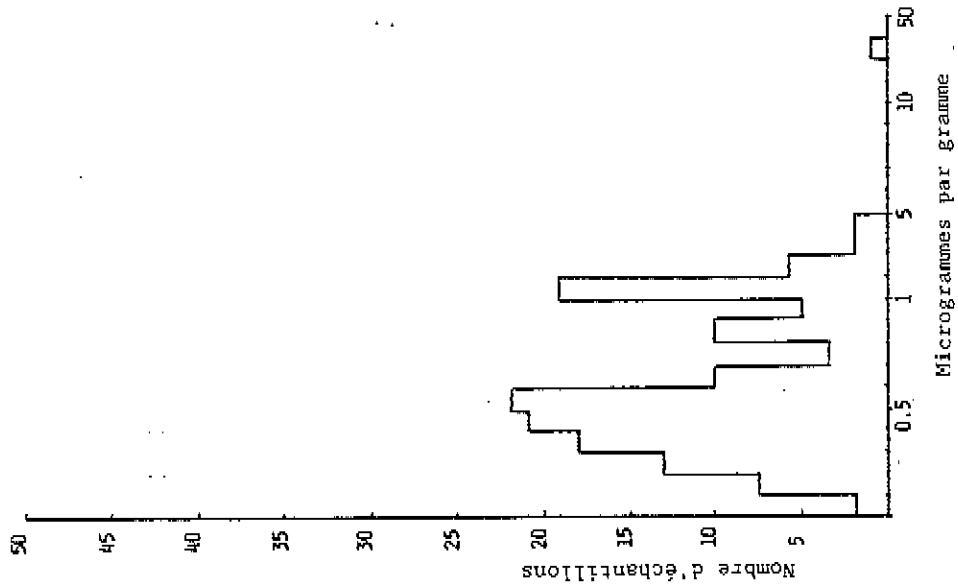


Fig. 1(B) Fréquence des niveaux de mercure dans les cheveux d'un groupe de population en Grèce (N = 140) Méthylmercure

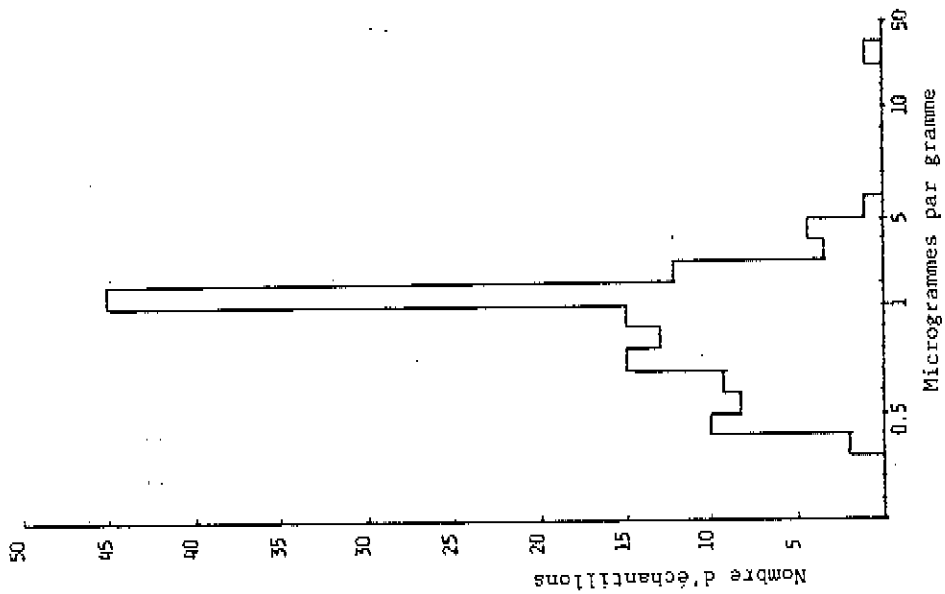


Fig. 1(A) Fréquence des niveaux de mercure dans les cheveux d'un groupe de population en Grèce (N = 140) Mercur total

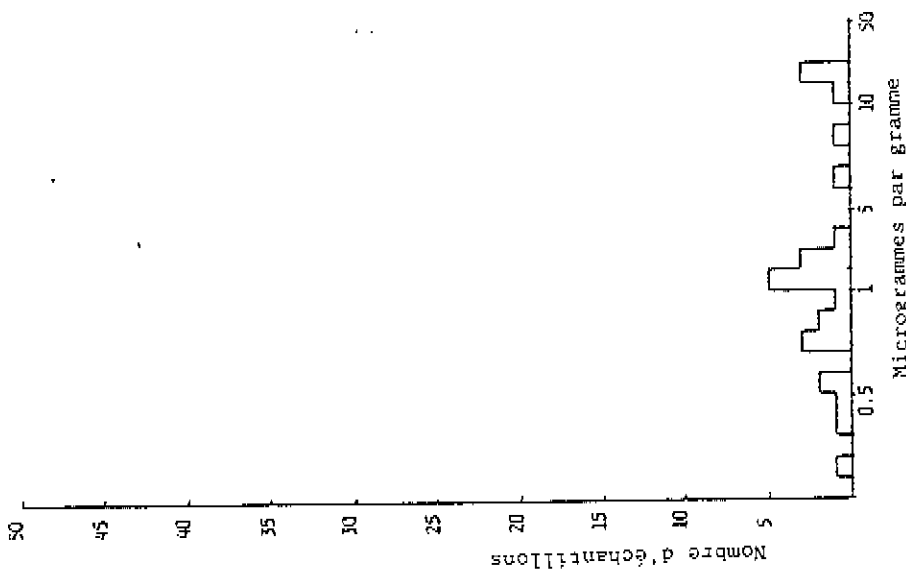


Fig. 2(A) Fréquence des niveaux de mercure dans les cheveux d'un groupe de population en Italie (N = 26) Mercurure total

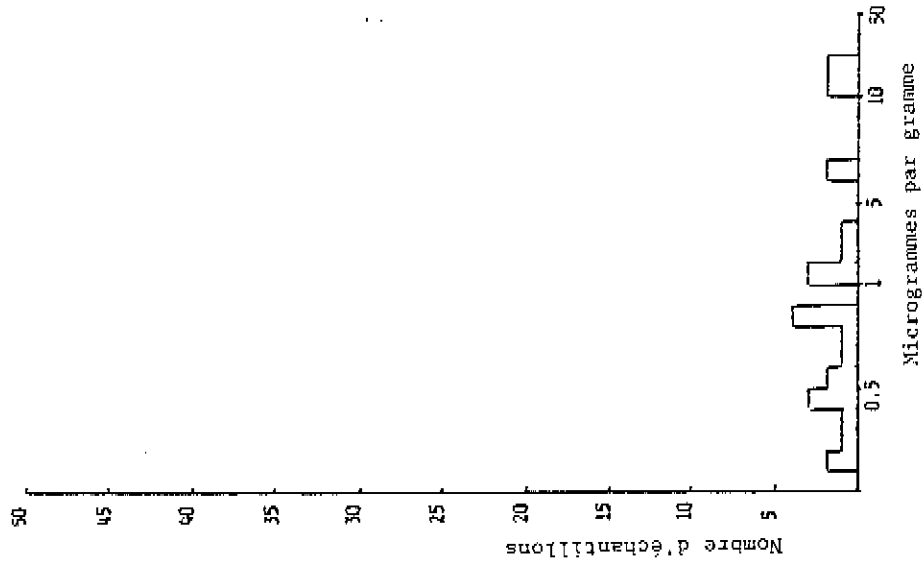


Fig. 2(B) Fréquence des niveaux de mercure dans les cheveux d'un groupe de population en Italie (N = 26) Méthylmercure

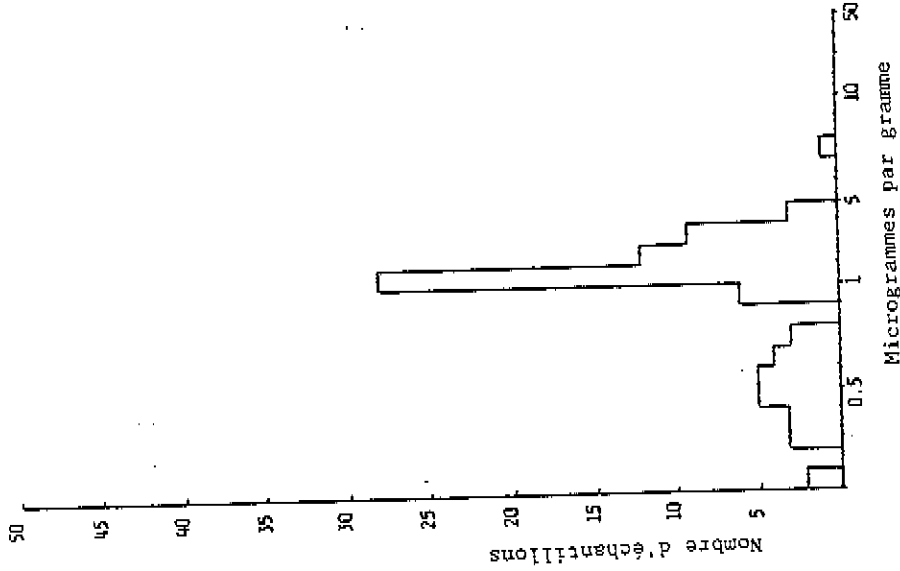


Fig. 3(B) Fréquence des niveaux de mercure dans les cheveux d'un groupe de population en Yougoslavie (N = 84) Méthylmercure

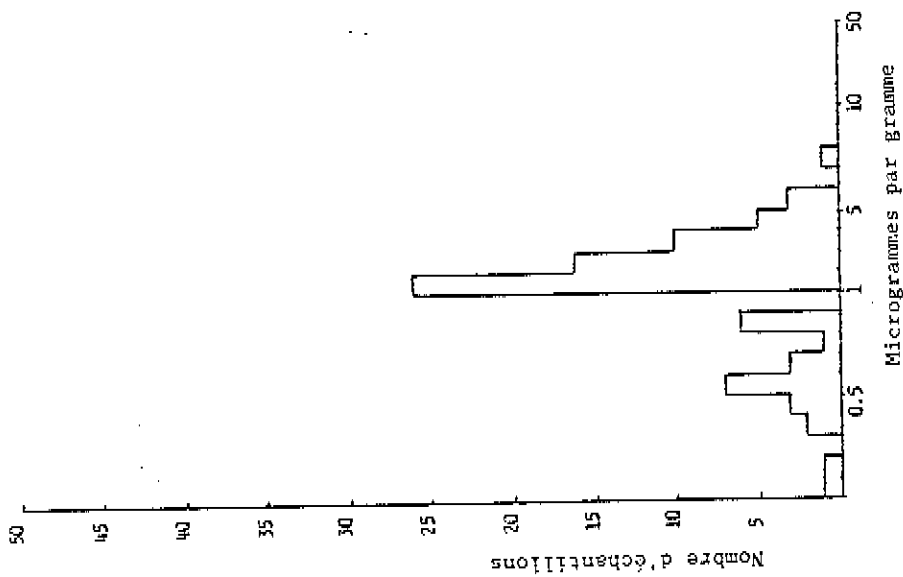


Fig. 3(A) Fréquence des niveaux de mercure dans les cheveux d'un groupe de population en Yougoslavie (N = 84) Mercur total

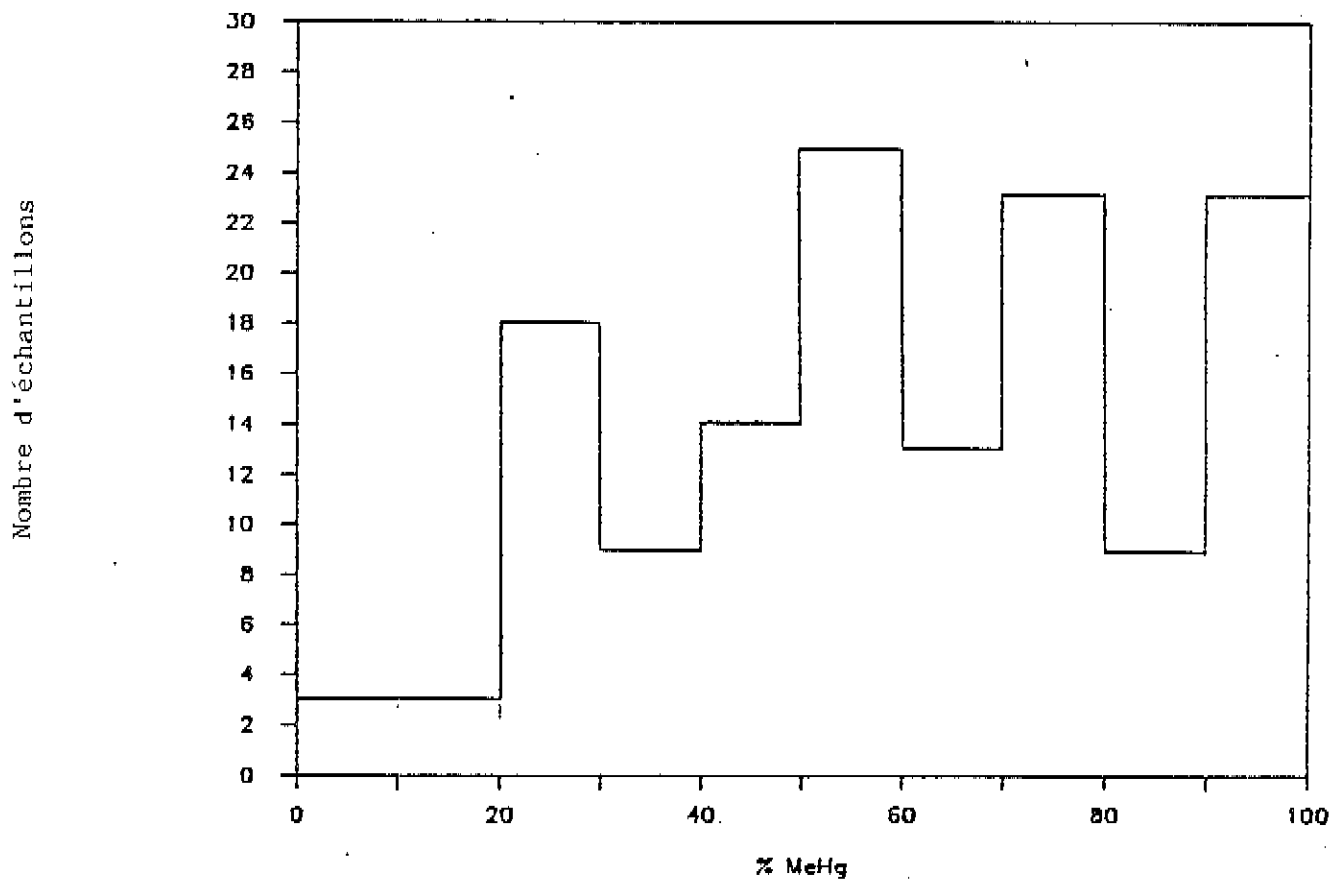


Fig. 4 Distribution des fréquences du quotient méthylmercure/mercure total dans les cheveux d'un groupe de population en Grèce (N = 140).

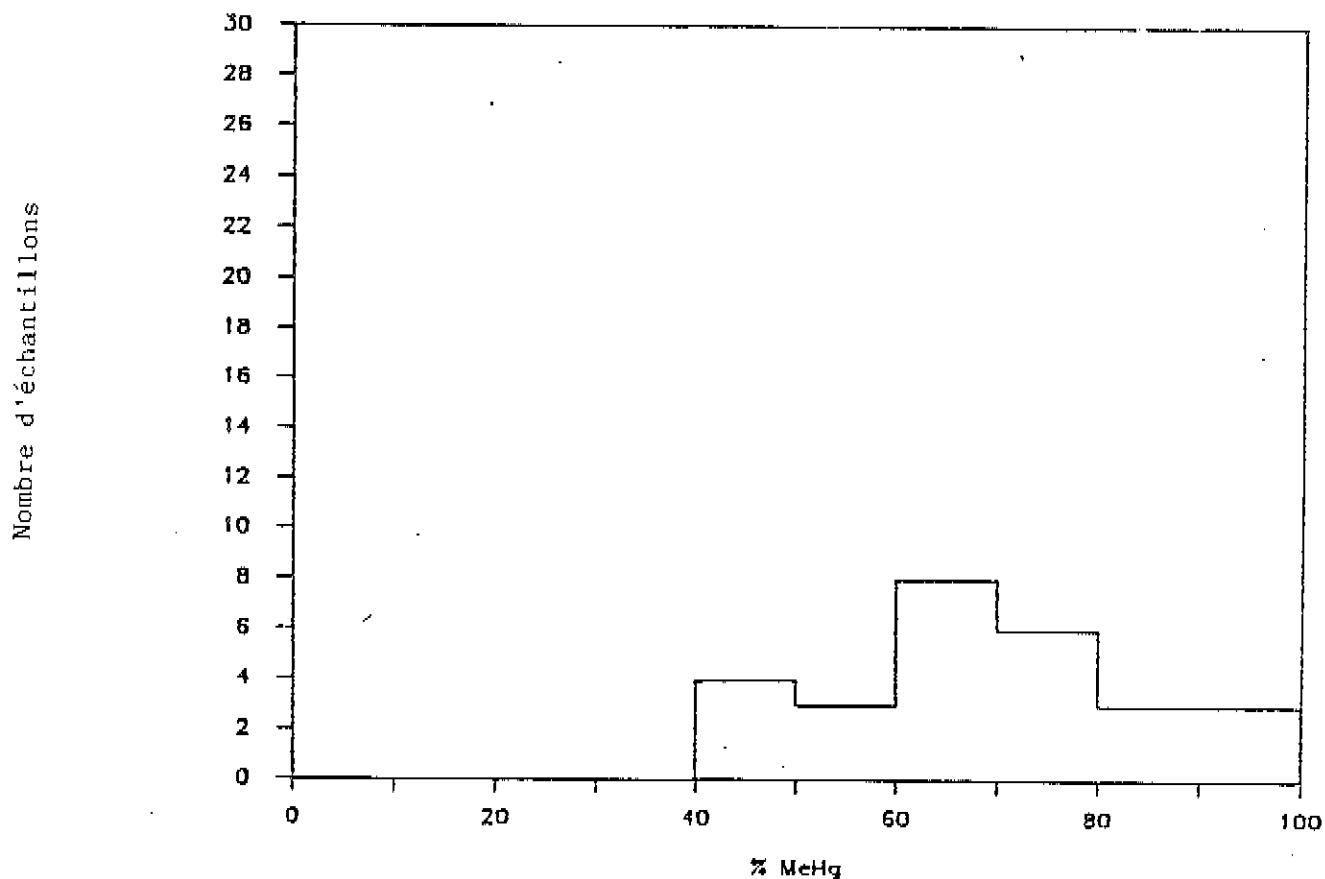


Fig. 5 Distribution des fréquences du quotient méthylmercure/mercure total dans les cheveux d'un groupe de population en Italie (N = 26).

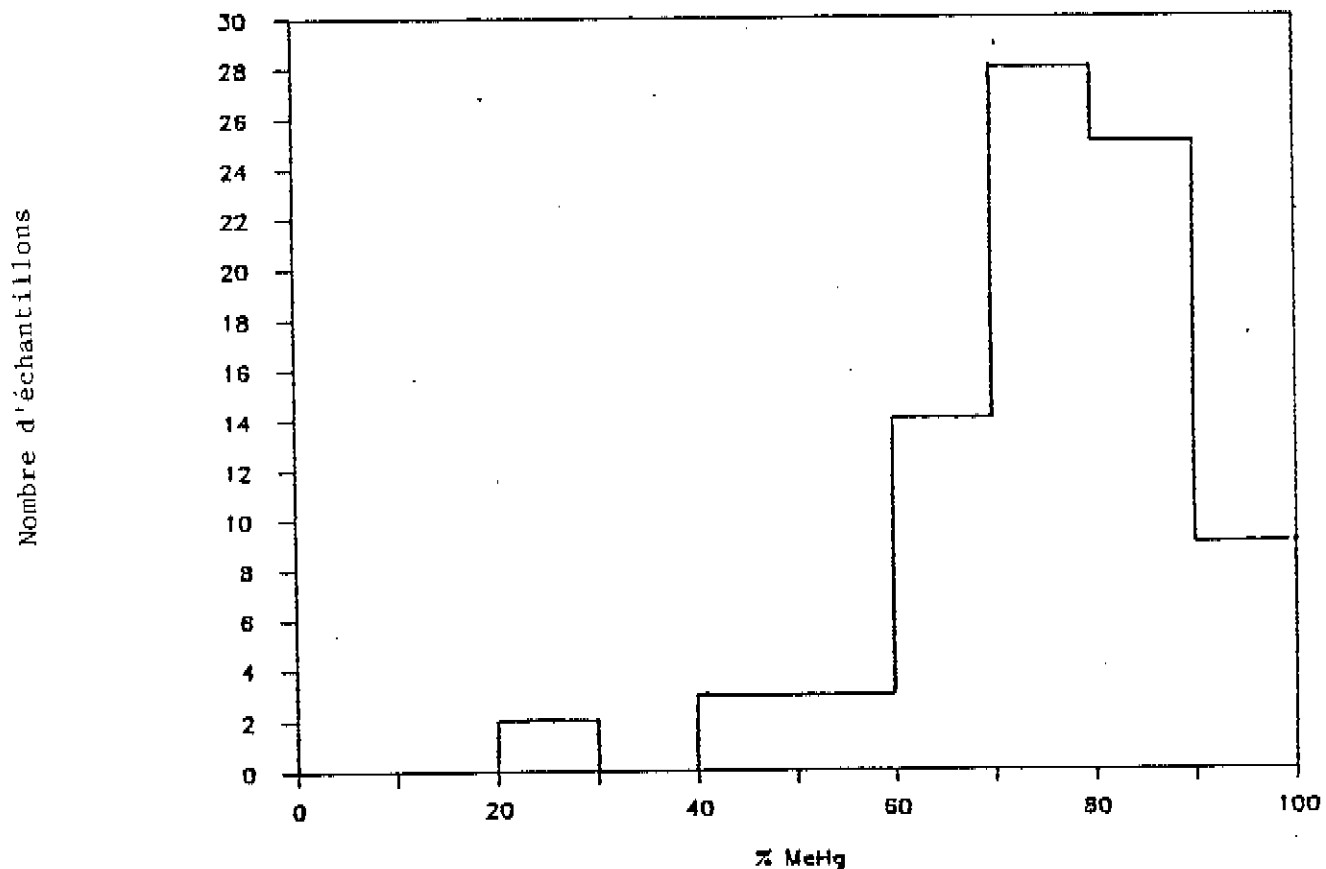


Fig. 6 Distribution des fréquences du quotient méthylmercure/mercure total dans les cheveux d'un groupe de population en Yougoslavie (N = 140).

Annexe 5

LISTE DES PARTICIPANTS

CONSEILLERS TEMPORAIRES

- Dr Abdel Aziz el Shafei
Département de toxicologie, Centre Imbaba, Ministère de la santé,
Le Caire (Égypte)
- Professeur Dr R. Buzina
Institut "V. Vrhovac" d'endocrinologie, des affections du métabolisme et
du diabète, Faculté de médecine, Université de Zagreb, Zagreb
(Yougoslavie)
- Dr Kornelia Suboticaneć-Buzina
Institut de santé publique de la RS de Croatie, Zagreb (Yougoslavie)
- Professeur R. Capelli
Istituto di Chimica Generale, Università di Genova, Gênes (Italie)
- Dr A. Chalkias
Ecole d'hygiène d'Athènes, département de nutrition et de biochimie,
Athènes (Grèce)
- Professeur R. Gigioli
Istituto di Medicina del Lavoro, Clinica del Lavoro L. Devoto, Milan
(Italie)
- Dr E. del Giudice
Cattedra di Clinica Pediatrica, 2^e Facoltà di Medicina e Chirurgia,
Università degli Studi di Napoli, Naples (Italie)
- Mme Milena Horvat
Univerza E. Kardelja, Institut Josef Stefan, Ljubljana (Yougoslavie)
- M. G. Kamizoulis
Division de la protection sanitaire de l'environnement, Ministère de la
santé et de la protection sociale, Athènes (Grèce)
- Dr Mohamed Najib Loubaris
Chef, département de toxicologie, Institut national d'hygiène, Rabat
(Maroc)
- Dr F. Martinez Saura
Service de salubrité de l'environnement, Institut national de la santé,
Madrid (Espagne)
- Professeur J. Micheloyiannis
Département de neurologie, Université de Crète, Héraklion (Crète)

Dr Vincenzo Minganti
Università di Genova, Facoltà di Farmacia, Istituto di Chimica Generale,
Gênes (Italie)

Professeur B. Momcilovic
Institut de recherche médicale et de médecine du travail, Zagreb
(Yougoslavie)

Mme le docteur Sheena Nakou
Institut de santé infantile, Hôpital pédiatrique Aghia Sofia, Athènes
(Grèce)

Professeur J. Piotrowski
Département de chimie toxicologique, Institut de recherche
environnementale et de bioanalyse, Lodz (Pologne)

Professeur Antonia Polychronopoulou-Trichopoulou
Ecole de santé publique d'Athènes, département de nutrition et de
biochimie, Athènes (Grèce)

Dr E. Polychronopoulos
Ecole de santé publique d'Athènes, département de nutrition et de
biochimie, Athènes (Grèce)

Professeur A. Renzoni
Département de biologie de l'environnement, Université de Sienne, Sienne
(Italie)

Professeur V. Silano
Directeur, Laboratoire de toxicologie et d'écotoxicologie comparée,
Istituto superiore di sanità, Rome (Italie)

Dr P. Stegnar
Chef, section de chimie nucléaire, Institut E. Kardelja, Institut
Josef Stefan, Ljubljana (Yougoslavie)

M. Y. Thibaud
IFREMER - Centre de Nantes, département environnement et recherches
océaniques, Nantes (France)

Professeur G. Tomassi
Istituto Nazionale della Nutrizione, Rome (Italie)

Dr D. Yeroukalis
Consultant du ministre de la santé mentale, Ministère de la santé et de
la protection sociale, Athènes (Grèce)

REPRESENTANTS D'AUTRES ORGANISATIONS

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Dr G.P. Gabrielides
Fonctionnaire principal des pêches (Pollution marine), Unité de
coordination du plan d'action pour la Méditerranée, Athènes (Grèce)

Commission océanographique intergouvernementale (COI)

Dr A. Jernelov
Directeur de recherche, Institut suédois de recherche environnementale,
Stockholm (Suède)

Agence internationale de l'énergie atomique (IAEA)

M. E. Cortez Toro
Département de la recherche et des isotopes, division des sciences
biologiques, Vienne (Autriche)

Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE)

Dr F.S. Civili
Halieutiste, Unité de coordination du plan d'action pour la Méditerranée,
Athènes (Grèce)

Dr L. Jeftic
Halieutiste principal, Unité de coordination du plan d'action pour la
Méditerranée, Athènes (Grèce)

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE

Bureau régional de l'Europe

Dr D. Kello
Coordonnateur, Épidémiologie de l'environnement et sécurité des produits
alimentaires

Dr L.J. Saliba
Spécialiste scientifique principal, Unité de coordination du plan
d'action pour la Méditerranée, Athènes (Grèce)

Siège

Professeur M. Berlin
Monitoring and Assessment Research Centre (MARC), Londres (Royaume-Uni)

Dr T. Kjellström
Épidémiologiste, Prévention de la pollution de l'environnement, Division
de la salubrité de l'environnement