

Mercure et toxicologie alimentaire

G. CUMONT *, G. VIALLEX *

avec la collaboration technique de H. LELIÈVRE

Le mercure est un composant de l'écorce terrestre, il existe à des concentrations naturelles faibles dans l'atmosphère, les eaux et les sols ; mais il n'a, en l'état actuel de nos connaissances, aucune action utile dans les processus biologiques qui régissent le monde animal et le monde végétal.

Grâce aux techniques analytiques modernes très spécifiques et sensibles, on peut le mettre en évidence et le doser chez tous les organismes vivants à l'état de traces que l'on peut estimer comme étant, elles aussi, naturelles. Ces teneurs, très faibles, bien qu'inopportunes sont tolérées sans inconvénient apparent ; mais dès qu'elles augmentent à la suite d'une pollution de l'environnement atmosphérique, aquatique ou alimentaire, elles peuvent entraver certains processus enzymatiques et conduire à des désordres graves dans les tissus humains et animaux. Ceci est particulièrement vrai pour les composés organiques du mercure, puisque nous savons que le mercure métal et ses composés inorganiques ont de tous temps été utilisés pour leurs propriétés thérapeutiques.

Des accidents se sont manifestés en divers endroits du globe : JAPON SUEDE, CANADA, ETATS-UNIS. Ils ont été parmi les premiers à accuser l'homme et ses activités de la pollution de l'environnement, à le placer devant des problèmes d'une complexité extrême et à le conduire à pratiquer un contrôle coûteux mais nécessaire de la contamination de ses produits alimentaires.

(*) G. CUMONT, Docteur-Vétérinaire, Maître de Recherches, Service de Toxicologie Alimentaire.

(*) G. VIALLEX, Licenciée ès Sciences, Attachée de Recherches. (Département I. D. A. O. A. du Laboratoire Central de Recherches Vétérinaires d'Alfort, dirigé par J. PANTALÉON, Directeur de Recherches.)

INTOXICATIONS D'ORIGINE ALIMENTAIRE ET POLLUTION

Les intoxications mercurielles d'origine alimentaire se sont manifestées chez l'homme et les animaux de manière individuelle ou collective.

L'accident le plus spectaculaire est certainement celui de MINAMATA, suivi de celui de NIIGATA au JAPON.

Les premiers cas de la maladie dite de MINAMATA (1) sont diagnostiqués en 1953, plus d'une centaine de personnes en particulier les membres des familles de pêcheurs sont atteints, à des époques différentes, de maux divers, essentiellement de troubles nerveux se manifestant sous la forme de tremblements, d'engourdissement des extrémités, de la diminution du champ visuel et de l'ouïe, de paralysies variées et de troubles mentaux. L'évolution de la maladie entraîne la mort chez 43 patients et de nombreuses séquelles chez les rescapés.

La recherche sur les causes de la maladie ne débouche qu'au bout de plusieurs années, en attribuant la responsabilité à une usine de produits chimiques qui réalise la synthèse d'acétaldéhyde et de polychlorovinyles en utilisant un catalyseur à base de mercure. La maladie est en fait une intoxication massive par le méthylmercure formé à partir du mercure du catalyseur durant les réactions de synthèse.

A la suite de la contamination élevée des produits de la pêche et en raison de l'alimentation essentiellement à base de poisson et de coquillages, les pêcheurs et leurs familles absorbent des quantités dangereuses de méthylmercure. Les chats qui mangent les poissons trouvés morts sur le rivage ou les reliefs des repas présentent les mêmes symptômes que leurs maîtres.

La concentration des viscères des victimes atteint les valeurs extrêmes de 25 ppm pour le cerveau, 70 ppm pour le foie, 140 ppm pour les reins, et 700 ppm pour les cheveux.

Une résurgence de cette maladie apparaît en 1965, à NIIGATA, atteignant plus de 30 personnes, responsable de 5 morts et de nombreuses invalidités.

Il faut signaler que les séquelles enregistrées portent aussi sur la descendance des victimes puisque plus de 22 enfants, nés de mères n'ayant pas présenté obligatoirement des symptômes de la maladie, sont atteints quelques mois après la naissance de troubles importants du comportement psychique et moteur, attestant des lésions du système nerveux central.

Ces deux accidents localisés, dus à une pollution fortuite, ne sont pas isolés.

La SUEDE, à la même époque, est aux prises avec des problèmes aussi graves. Plusieurs ornithologistes observent en différents points de la SUEDE une diminution inquiétante de la population de certaines espèces d'oiseaux granivores et de rapaces. BORG (2) remarque que le foie, les reins et les plumes des cadavres ont une teneur très élevée en mercure (4 à 200 ppm). D'autres études réalisées sur des oiseaux capturés montrent les mêmes résultats. Les chercheurs concluent en une intoxication mercurielle très générale due à l'utilisation massive, en agriculture, de composés organo-mercuriels. Les recherches effectuées parallèlement sur la faune aquatique des lacs et des rivières conduisent à des résultats identiques. JOHNELS (3) trouve couramment des teneurs de 2 à 3 ppm chez les brochets et des taux plus élevés au niveau des sédiments et de certains insectes aquatiques en aval d'installations industrielles. A ce niveau écologique, la pollution est due au rejet de composés organo-mercuriels, utilisés comme antifongiques par les industries des pâtes à papier, mais aussi à la présence de sels de méthylmercure, produits de transformation des sels de mercure rejetés par les industries du chlore et de la soude. Des constatations analogues sont faites dans la région des grands lacs de l'Amérique du Nord, elles conduisent à l'interdiction de la pêche dans ces zones.

On estime, actuellement, que toutes les activités industrielles et agricoles utilisant le mercure sont responsables d'un rejet annuel de 4 à 5.000 tonnes de ce métal qui gagnent peu à peu les mers et les océans.

La plus grande partie des composés mercuriels qui atteignent ces grands réservoirs s'accumulent dans les sédiments. Ils subissent alors une transformation d'ordre biochimique les amenant à l'état élémentaire. Une conversion du mercure métal en mercure divalent peut se produire grâce aux fortes liaisons qui existent entre l'ion mercurique et les matières organiques des sédiments, favorisant la formation de cet ion. Ceci rend possible la méthylation, par un grand nombre de micro-organismes, du mercure en méthylmercure.

L'hypothèse de la libération du mercure des sédiments sous la forme soluble de sels de méthylmercure ou sous la forme volatile de diméthylmercure est confirmée par de nombreux travaux des chercheurs Suédois et Japonais (4).

CONTAMINATION PAR LE MERCURE. ASPECT TOXICOLOGIQUE

Les rejets incontrôlés des industries, des activités agricoles, conduisent à une augmentation de la teneur en mercure des sédiments puis inévitablement à une concentration des eaux en sels de méthylmercure.

Le méthylmercure formé se fixe sur les protéines du milieu, particulièrement sur celles du phytoplancton, puis s'accumule dans les zooplanctons et à chaque maillon de la chaîne alimentaire : mollusques, crustacés, poissons, poissons carnassiers, particulièrement les thonidés et les squales dans le milieu marin.

Finalement, le facteur de concentration à la suite de ces diverses distributions peut atteindre des valeurs de 1.000 à 10.000. JOHNELS signale 3.000 pour les brochets dans les rivières et les lacs Suédois.

WESTÖO (5) confirme à la suite de nombreuses analyses que 95 à 100 p. 100 du mercure dosé se trouve à l'état de méthylmercure.

Le méthylmercure est le dérivé le plus toxique des composés organomercuriels. Sa toxicité est encore mal connue au niveau cellulaire et tissulaire. C'est un poison cumulatif, il est pratiquement absorbé en totalité au niveau du tractus digestif. Il se répartit assez uniformément dans tous les organes du corps avec un tropisme marqué pour le système nerveux central, les hématies, les phanères, le foie et les reins.

On estime que le cerveau contient 10 p. 100 de la charge totale du corps et que le litre de sang accumule 1 p. 100. Les hématies ont une concentration 10 fois plus élevée que celle du plasma.

Les expériences réalisées chez l'homme avec de faibles doses de méthylmercure marquées avec le Hg 203 (6) montrent que l'excrétion suit une loi exponentielle avec une demi-vie biologique de 70 à 90 jours pour l'ensemble du corps. L'élimination au niveau du cerveau paraît être plus lente qu'au niveau des autres organes.

Le pronostic le plus alarmant doit être donné quant aux risques courus par le fœtus et les cellules germinales.

Les travaux de TEJNING montrent que la concentration en méthylmercure des hématies des nouveaux-nés est de 20 à 30 p. 100 plus élevée que celle des mères. Ceci explique la découverte des cas de maladie de MINAMATA congénitale chez des enfants nés de mères apparemment saines.

D'autres études réalisées chez des végétaux et des animaux montrent des troubles au niveau de la synthèse des protéines, des possibilités d'altération des divisions cellulaires et des cassures de chromosomes (8).

La découverte de ces propriétés mutagènes classe le méthylmercure parmi les polluants de l'environnement pour lesquels la recherche du risque génétique est urgente.

**DOSE JOURNALIÈRE ADMISSIBLE. CONCENTRATION
MAXIMALE TOLÉRABLE. NORMES**

Les intoxications par le mercure observées chez l'homme sont principalement dues à l'ingestion de poisson contaminé. Compte tenu de l'importance de la population halieutique et de la nourriture qu'elle offre aux hommes, c'est essentiellement à partir de cette denrée qu'il convient d'appliquer des limites de concentration journalière admissible et des normes pour exécuter les contrôles devenus indispensables.

L'évaluation des risques dus à la présence du mercure dans le poisson est bien étudiée par les chercheurs et toxicologues Suédois qui se trouvent chez eux en présence d'une population forte consommatrice de poisson. Chez certains de leurs compatriotes, apparemment sains, la teneur du sang et des cheveux correspond aux niveaux les plus bas qui ont pu être responsables, au JAPON, de manifestations cliniques d'intoxication avec syndrome neurologique accusé. C'est à partir des données épidémiologiques et toxicologiques du JAPON et des relevés statistiques effectués en SUEDE qu'un groupe d'experts Suédois (9) a pu définir une dose journalière admissible de 0,4 $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{jour}$, ce qui correspond à une absorption quotidienne de 30 μg de mercure.

En fonction de la consommation moyenne de chair de poisson et de la dose journalière acceptable, la concentration maximale tolérable dans le poisson a été fixée à 1 ppm. Cette norme de 1 ppm est celle actuellement admise par l'administration suédoise. Les gouvernements du CANADA et des ETATS-UNIS plus sévères exigent 0,5 ppm. L'O. M. S. conseille une teneur voisine de la teneur naturelle : 0,05 ppm.

En France, la Direction des Services Vétérinaires en accord avec la Direction de la Marine Marchande a proposé provisoirement une norme de 0,7 ppm, calculée à partir de la norme

américaine sachant que la consommation moyenne de thon en France est environ les 2/3 de celle des ETATS-UNIS.

CONTRÔLE DE LA TENEUR DU MERCURE DANS LES POISSONS

C'est à la suite de l'alerte canadienne de mars 1970 que les chercheurs de la F. D. A. ont découvert des teneurs anormalement élevées dans les thons en conserve. En détruisant 1 million de boîtes dans lesquelles la teneur en mercure dépassait sa norme, l'Administration américaine a fait peut-être preuve de sévérité, mais elle a montré la nécessité d'un contrôle soutenu des produits de la mer.

La France, 5^e producteur de conserve de thon, avec environ 40.000 tonnes par an, ne peut satisfaire sa demande intérieure malgré le développement de sa flotte thonière, elle doit importer le complément en thon congelé du JAPON, et accessoirement d'ESPAGNE, d'ITALIE, des ETATS-UNIS.

En 1971, près de 10.000 tonnes ont été ainsi importées.

Un contrôle général a été réalisé sur le poisson d'origine étrangère et d'origine française.

La technique analytique utilisée pour doser le mercure total a fait l'objet d'une communication à la Société des Experts Chimistes de FRANCE, en avril 1971 et au 3^e congrès international de Spectrométrie d'Absorption Atomique et de Fluorescence atomique tenu à PARIS en septembre 1971.

Sur 2.350 analyses réalisées en 1971, 1.650 portent sur les thons, 290 sur le saumon, une grande partie du reste sur des poissons de chalut et des poissons d'eau douce.

Les premières informations sur nos résultats ont été communiquées en septembre 1971 dans des revues professionnelles, nous avons montré à l'époque que si les risques étaient très limités en ce qui concerne les poissons de chalut dont les teneurs les plus élevées atteignent 0,40 ppm, il n'en était pas de même pour certaines espèces de thon.

Les résultats que nous présentons sont exclusivement ceux obtenus pour le thon. Ils ont un intérêt certain dans l'analyse des variations de concentrations en mercure suivant les familles, les origines, les tailles, c'est-à-dire l'âge du poisson.

La variation de la concentration en mercure est mise en évidence pour les 4 familles qui forment l'essentiel de ce qui est convenu d'appeler l'exploitation thonière, à savoir :

- Listao ou *Katsuwonus Pelamis* ;
- Germon ou *Thunnus Alalunga* ;
- Albacore ou *Thunnus Albacora* ;
- Thon rouge ou *Thunnus Thynnus*.

Les résultats des analyses sont résumés sur les histogrammes où nous portons les teneurs en mercure, exprimées en ppm, en abscisse, et le pourcentage des résultats correspondant à ces valeurs en ordonnée.

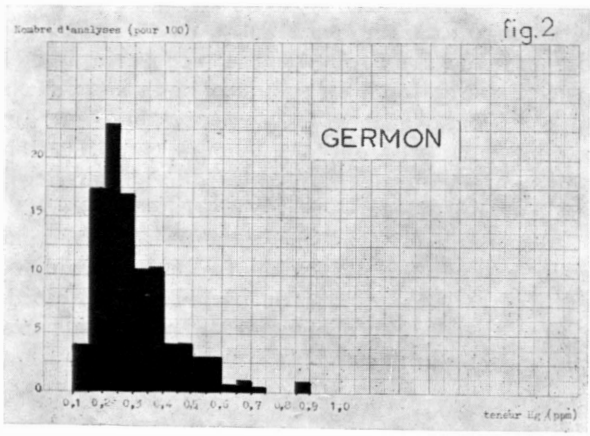
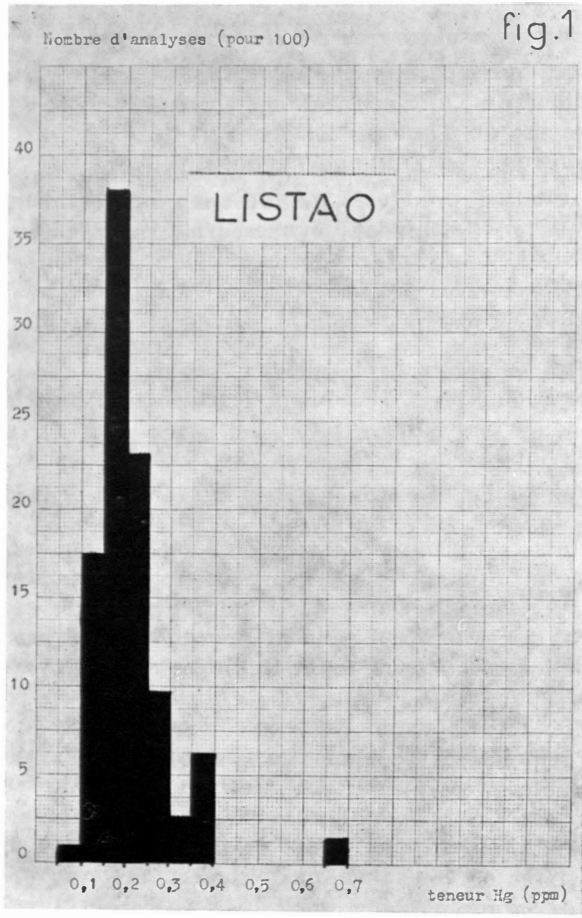
L'analyse de ces diagrammes entraîne les remarques suivantes :

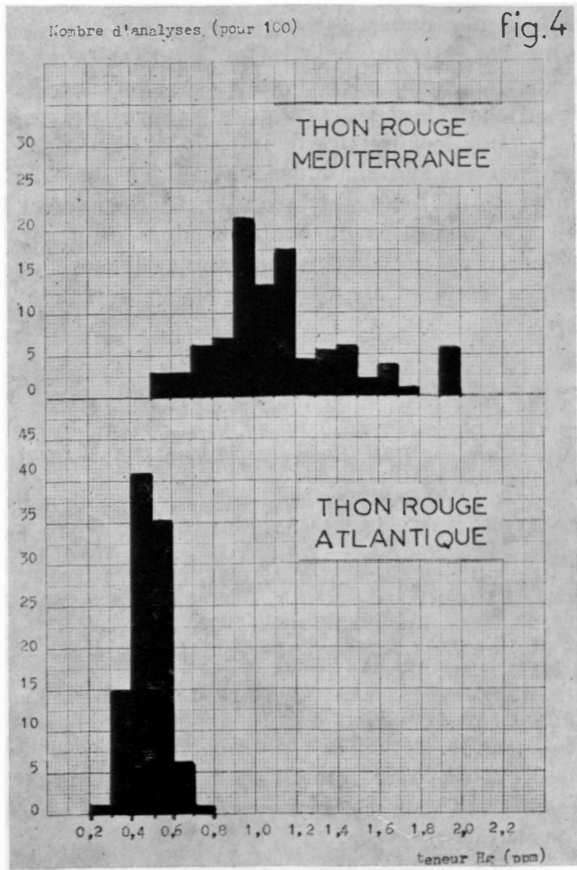
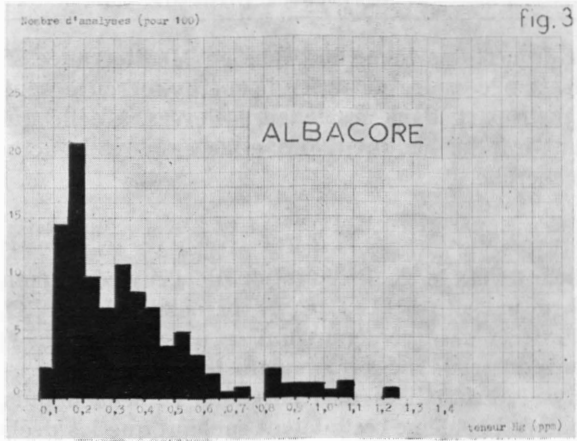
Pour le Listao, 80 p. 100 des prélèvements de muscle ont des teneurs comprises entre 0,10 et 0,25 ppm (fig. 1), aucun ne dépasse 0,7 ppm. Pour le Germon, 79 p. 100 des prélèvements de muscle ont des teneurs comprises entre 0,15 et 0,40 ppm (fig. 2). Ces deux familles fournissent ainsi des individus pour lesquels les résultats très groupés sont en dessous des normes admises.

D'un point de vue très général nous avons constaté une certaine proportionnalité entre la teneur en mercure et l'âge du poisson. Ceci est particulièrement marqué dans le cas du Germon pour lequel la teneur croît significativement avec le poids.

L'analyse de l'histogramme de l'Albacore est plus délicate (fig. 3). Les résultats sont étalés, ceci pourrait être dû à la présence de populations de thons d'origines très différentes et surtout de tailles très diversifiées. Alors que la limite supérieure du poids des Germons atteint 30 kg, celle observée pour les Albacores dépasse 100 kg. Cette particularité due à une croissance différente, apporte obligatoirement des variations dans l'origine de l'alimentation et par suite dans l'absorption de proies plus ou moins contaminées suivant les lieux fréquentés, d'où une distribution plus large des teneurs en mercure.

L'histogramme du thon rouge (fig. 4) rend compte de la distribution des teneurs en fonction des deux lieux de pêche : l'Océan Atlantique et la Méditerranée. Le berceau Atlantique fournit des individus dont 86 p. 100 ont des teneurs comprises entre 0,30 et 0,60 ppm, tandis que le lit Méditerranéen nourrit des thons dont 60 p. 100 ont des teneurs comprises entre 0,80 et 1,20 (et 6 p. 100 seulement seront acceptés à la consommation). Il faut remarquer que les prélèvements de thon rouge analysés concernent la fin de la période de pêche 1971. Il est donc utile d'obtenir davantage de renseignements analytiques, avant de conclure à une contamination propre au thon rouge ou à une





pollution de certains lieux de pêche en Méditerranée. En particulier, il est nécessaire de doser le méthylmercure seul afin de faire la juste part, dans ces teneurs élevées, à celle qui revient à l'élément le plus toxique. Nous nous employons actuellement à cette recherche.

*

**

En plaçant l'étude de la pollution de l'environnement par le mercure en priorité de toutes ses préoccupations, l'O. C. D. E. montre l'intérêt des problèmes qui se posent pour la réduction des rejets industriels incontrôlés dans la nature.

Les pays industrialisés œuvrent dans ce sens depuis peu de temps, mais le problème reste latent sachant que les déchets mercuriels actuellement présents dans le milieu naturel ne peuvent être ni réduits, ni récupérés.

A la lumière des dangers que font courir les aliments qui contiennent des teneurs élevées en méthylmercure, les services intéressés au contrôle des denrées alimentaires doivent soutenir leurs efforts pour localiser les lieux pollués, bien plus que développer des analyses systématiques sur des poissons dont la provenance apporte un facteur de sécurité. Le Germon et le Listao pourraient être dispensés du contrôle, alors qu'il serait nécessaire de poursuivre des recherches sur l'Albacore et le Thon Rouge particulièrement au niveau de la Méditerranée.

BIBLIOGRAPHIE

1. TOKUOMI (H.), OAJIMA (T.). — *World Neurol.*, 1961, 2, 536-544.
2. BORG (K.), WANNTORP (H.), ERNE (K.), KANTO (E.). — *Vilttery*, 1969, 6, 301-379.
3. JOHNELS (A. G.), OLSSON (M.), WESTERMARK (T.). — *Bull. Off. Int. Epiz.*, 1968 b, 69, 1439-1452.
4. JENSEN (S.), JERNELOV (A.). — *Nature*, 1969, 223, 753-754.
5. WESTOO (G.). — *Acta Chem. Scand.*, 1967, 21, 1790-1800.
6. ABERG (B.), EKMAN (L.), FALK (R.), GREITZ (V.), PERSSON (G.), SNIHS (J.). — *Arch. Environ. Health*, 1969, 19, 478-484.
7. TEJNING (S.). — *Report from Depart. of Occup. Med.*, Univ. Hosp. S-22185, 1969.
8. SKERFVING (S.), HANSSON (A.), LINDSTEN (J.). — *Arch. Envi. Health*, 1970, 21, 133-139.
9. NORDISK HYGIENISK TIDSKRIFT, Supplem. 4. — Stockholm 1971, 275-277.