

Exposition au mercure
de la population amérindienne Wayana de Guyane :
Enquête alimentaire

Avril 1999

Nadine Fréry, Evelyne Maillot, Michèle Deheeger

En collaboration avec

Alain Boudou, Régine Maury-Brachet

RESPONSABILITE SCIENTIFIQUE :

Institut de Veille Sanitaire (InVS, ex-RNSP)

Mme Nadine Fréry, Pharmacienne Epidémiologiste, responsable scientifique,
Unité Santé Environnement, 12 rue du Val d'Osne, 94415 St Maurice cedex

Mr Michel Jouan, Coordinateur de l'unité Santé Environnement

Mme Evelyne Maillot, Vétérinaire Inspecteur, Epidémiologiste (InVS)

Mme Michèle Deheeger, Nutritionniste (INSERM U290)

COLLABORATEURS :

Mr Alain Boudou, Professeur, Mme Régine Maury-Brachet, Ingénieur, Mr Francis Ribeyre, Maître de Conférences (écotoxicologues),
Laboratoire d'Ecophysiologie et Ecotoxicologie des Systèmes Aquatiques (LEESA)
UMR CNRS 5805 /Université Bordeaux I, Avenue des Facultés - 33405 Talence Cedex

PARTENAIRES :

- **Hydrobiologistes** : Mr Bernard de Mérona, Mr Jean-Claude Bron, ORSTOM, Cayenne

- **Chimiste** : - Mr Leblanc, Centre de Toxicologie du Québec
- Mme Schnitzer, CNEVA - Paris

- **Santé Publique** :

Direction Générale de la Santé, bureau VS3 Risques des milieux, Paris :

Mme Christine Grasmick,
8 avenue de Ségur, 75350 Paris 07 SP

Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales de Guyane :

Mme Patricia Vienne, Mr Hulic, Mr Jean-Louis Solet, Mr Carleton, Mr Nuiadouet, Mr Benoît Champenois, Mr Hervé Terrien, Mr Albert Cléry,
19 Rue Schoëlcher, BP 5001 97305 Cayenne cedex

Direction des Actions Sanitaires et Sociales de Guyane :

Mme Joëlle Suzanon, Mme Loubet, Mr Christophe Saez, Mr Thierry Cardoso,
19 Rue Schoëlcher, 97305 Cayenne cedex

Conseil Général : Mr Yahia,

Centre d'Aide et d'Intervention Technique de Maripasoula (CAIT) : Mr Doudou Thomas,

Direction des Services Vétérinaires de Guyane :

Mr Fouquet, Bd de la République, 97000 Cayenne

Nos remerciements à Mr Michel Jegu, ichtyologue au Muséum National d'Histoire Naturelle, Mr Jean Chapuis, anthropologue à Bordeaux, Mme Kirsten Simondon, épidémiologiste spécialiste du retard de croissance de l'enfant à l'ORSTOM et Mr Robert Garnier, toxicologue au centre antipoison de Paris.

Nous remercions toutes les personnes qui nous ont apporté une aide précieuse dans le Haut Maroni :

- les agents de santé : Mr Patrick Twenké, Mr André Cognat et Mr Oscone,
- les instituteurs : Mr Eric Petit, Mr Guillaume Coste, Mlle Evelyne Zuccolotto, Mlle Cathy Duclos, Mr François Pézenat, Mr Alexis Holtz, Mlle Christelle Lauvergnat,
- le grand Man, Mr Amaïpoti Twenké,

Ainsi que toute la population wayana qui nous a accueilli avec beaucoup de gentillesse.

SOMMAIRE

RESUME	7
I. CONTEXTE	9
Toxicité du mercure.....	12
II. OBJECTIFS.....	17
III. MATERIEL ET METHODES	19
III.1 Type d'enquête.....	19
III.2. Population (cf. carte).....	20
III.3. Méthode.....	22
<i>III.3.1. Logistique.....</i>	<i>23</i>
<i>III.3.2. Relevés anthropométriques</i>	<i>23</i>
<i>III.3.3. Les relevés de consommation alimentaire.....</i>	<i>23</i>
<i>III.3.4. Pesée des poissons et gibiers et diagnose des poissons.....</i>	<i>24</i>
<i>III.3.5. Enquête des contaminants alimentaires</i>	<i>25</i>
<i>III.3.6. Prélèvements de cheveux et de lait maternel</i>	<i>25</i>
<i>III.3.7. Analyses chimiques effectuées.....</i>	<i>26</i>
<i>III.3.8. Méthode statistique</i>	<i>27</i>
IV. RÉSULTATS.....	31
IV.1. Description de la population	31
<i>IV.1.1. Structure démographique</i>	<i>31</i>
IV.2. Exposition par le mercure	34
<i>IV.2.1. Dans les cheveux</i>	<i>34</i>
<i>IV.2.2. Mercure dans le lait maternel</i>	<i>40</i>
<i>IV.2.3. Mercure dans les poissons</i>	<i>40</i>
<i>IV.2.4. Mercure dans les gibiers.....</i>	<i>45</i>
IV.3. Enquête alimentaire	47
<i>IV.3.1. Description des habitudes et comportements alimentaires</i>	<i>47</i>
<i>IV.3.2. Description anthropométrique de la population</i>	<i>47</i>
<i>IV.3.3. Consommation moyenne de poissons et/ou viande par tranche d'âge</i>	<i>53</i>
<i>IV.3.4. Relevés de pêche.....</i>	<i>53</i>
<i>IV.3.5. Quantité de mercure consommée</i>	<i>63</i>
DISCUSSION	67
RECOMMANDATIONS.....	77
BIBLIOGRAPHIE	79
ANNEXE 1.....	81
ANNEXE 2.....	83

RESUME

Les activités d'orpillage exercées en Guyane depuis la fin du XIX^{ème} siècle sont responsables de rejets importants de mercure dans l'environnement et en particulier au niveau du fleuve Maroni. Le mercure déposé sur le fond sédimentaire s'accumule dans la chaîne alimentaire et constitue ainsi la source majeure d'exposition chronique des populations. Ses effets sur la santé, en particulier neurotoxiques, incitent à une grande vigilance en matière de Santé Publique.

En 1994, le Réseau National de Santé Publique avait mis en évidence une exposition importante de la communauté amérindienne Wayana par le mercure. Cette communauté, qui réside dans le Haut-Maroni, conserve encore un mode de vie traditionnelle où le poisson constitue la base de l'alimentation.

Cette situation a conduit le Réseau National de Santé Publique (RNSP) en collaboration avec les autorités sanitaires à mettre en place deux études épidémiologiques, dont l'enquête alimentaire présentée dans ce document. Elle s'inscrit dans le cadre d'un vaste programme lancé en Guyane pour évaluer l'impact sanitaire et environnemental du mercure. Réalisée auprès de la communauté wayana par le RNSP en collaboration avec une équipe d'écotoxicologues (Univ. Bordeaux I/CNRS et l'ORSTOM), elle a pour objectif principal de quantifier l'apport alimentaire de mercure et d'identifier les espèces contribuant le plus à la contamination. Elle est complétée par une étude de spéciation du mercure et d'imprégnation, ainsi qu'une étude de l'état nutritionnel global de la population.

La méthodologie retenue est celle d'une enquête alimentaire familiale associée à des dosages de mercure dans les poissons et quelques gibiers. Réalisée sur une période de 7 jours à deux saisons différentes (mars et novembre 1997) elle a été menée dans les 4 villages wayanas les plus importants localisés sur 3 sites : Cayodé, Twenké et Taluhen, Antécume-Pata. Elle repose sur des données de consommation obtenues auprès de 165 personnes sur une période de 1 à 14 jours, soit 940 jours x personnes, et porte sur environ 250 kg de poissons. Le mercure total a également été dosé auprès de 235 personnes des divers villages et des relevés anthropométriques ont été effectués auprès de 264 personnes.

Les résultats de cette étude confirment l'exposition au mercure de la population wayana de Guyane française liée à une alimentation riche en poissons qui sont, pour certaines espèces, assez fortement contaminées (jusqu'à 1,62 mg/kg). Cette contamination se traduit par des teneurs dans les cheveux et un apport alimentaire quotidien ou hebdomadaire qui se situent au delà des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé. En effet, plus de la moitié de la population dépasse la valeur recommandée de 10 µg/g de mercure total dans les cheveux, avec une moyenne égale à 11,4 µg/g. Ce résultat est très élevé par comparaison à la moyenne de référence égale à 2 µg/g et d'autant plus, qu'environ 90% du mercure dosé est composé de mercure organique, la forme la plus facilement absorbée par l'organisme. Ces teneurs sont élevées dans toutes les tranches d'âge, et dans une moindre mesure chez les enfants de moins d'un an. Par ailleurs, une exposition un peu plus élevée a été constatée parmi la population de Cayodé où s'exercent actuellement des activités d'orpillage, résultat confirmé également par la présence d'une plus forte contamination des poissons de cette zone.

Parmi les 242 prélèvements de poissons réalisés dans le Haut-Maroni, 14,5 % d'entre eux dépassaient la teneur en mercure de 0,5 mg/kg, ce qui est un peu supérieur à ce qu'a observé Bidone au Brésil (11,5%). Les deux poissons les plus consommés en quantité sont le coumarou et l'agonosu, qui contiennent heureusement assez peu de mercure.

Puis par ordre d'importance de consommation, viennent ensuite des poissons carnivores. En fait, on constate que 4 espèces carnivores correspondant à 28,2% de l'apport alimentaire de poisson contribuent pour 72 % à la quantité de mercure consommée. Ce sont l'huluwi, l'aïmara, le mitala et le piraïe. L'haïkané, poisson carnivore pour lequel on a observé les plus fortes concentrations de mercure, est assez peu consommé.

La population wayana se situe non seulement bien au delà de l'apport quotidien habituel (environ 2,4 µg de méthylmercure et 6,7 µg de mercure total), mais également au delà de l'apport tolérable hebdomadaire recommandé (300 µg de mercure total avec un maximum de 200 µg de méthylmercure, soit environ 30 µg/j, FAO/OMS). En effet, les adultes consomment entre 40 à 60 µg de mercure total par jour, les personnes âgées de l'ordre de 30 µg/g. Quant aux enfants, les plus jeunes ingèrent environ 3 µg/j en tenant compte de l'allaitement maternel, ceux de 1 à 3 ans de l'ordre de 7 µg/j, ceux de 3 à 6 ans environ 15 µg/j et ceux de 10 à 15 ans entre 28 et 40 µg/j. De plus, ces résultats sont sous-estimés dans la mesure où ils ne prennent pas en compte l'apport mercuriel des gibiers.

Par ailleurs, l'étude des caractéristiques anthropométriques de cette population indique une croissance harmonieuse des enfants, sans malnutrition aiguë et une forte corpulence des adultes, signe d'un apport énergétique suffisant.

Cependant, enfants et adultes présentent une taille très inférieure aux courbes de référence. On constate ainsi que 75% des femmes adultes mesurent moins d'1 mètre 50 et 62 % des hommes adultes moins d'1 mètre 60.

Pour l'OMS, les différences anthropométriques observées entre diverses populations et la référence seraient dues essentiellement à l'environnement caractérisé par divers stress liés à des inégalités économiques et sociales ; les deux causes principales du retard de croissance étant une alimentation insuffisante en qualité, et parfois même en quantité et des infections multiples et répétées.

En conclusion, cette étude a permis de mettre en évidence une exposition au mercure excessive de la population wayana de Guyane française liée à la consommation de poissons contaminés.

Cette enquête qui a bénéficié d'une bonne articulation entre les études environnementales et sanitaires, doit permettre de proposer des solutions réalistes. Celles-ci reposent principalement sur des réductions des rejets de mercure dans l'environnement imputables aux activités d'orpaillage et des restrictions de consommation de 5 espèces de poissons fortement contaminées par ce polluant, tout en conservant un bon équilibre nutritionnel.

I. CONTEXTE

Depuis la fin du XIX^{ème} siècle, les activités d'orpaillage exercées dans différents sites en Guyane sont responsables de rejets de mercure dans l'environnement, estimés à plusieurs centaines de tonnes. Ceci est la conséquence de l'utilisation de la méthode d'amalgamation au mercure où l'or est séparé du mercure élémentaire (Hg^0) par chauffage en circuit ouvert. La production de l'or en Guyane connaît un regain d'activité qui prend une ampleur certaine depuis la publication en 1995 par le BRGM de l'inventaire des richesses minières du sous-sol guyanais. Or cette activité constitue la source majeure d'exposition chronique au mercure des populations, essentiellement par le biais de la chaîne alimentaire.

Le mercure déposé sur le fond sédimentaire des rivières est transformé en mercure organique (méthylmercure) par l'action bactérienne, l'état actuel des connaissances sur les processus mis en jeu, sur les rendements et sur la localisation des réactions de méthylation biologique étant très limité et faisant l'objet de nombreuses controverses (Stein E.D 1996, Morel F.M.M. 1998). Le méthylmercure est ensuite absorbé par les organismes situés à la base des réseaux trophiques (espèces végétales/producteurs primaires), ce qui constitue le premier maillon du processus de bioamplification dans la chaîne alimentaire aquatique. Les poissons herbivores consomment les producteurs primaires avant d'être eux-mêmes la proie des poissons carnivores. Cette bioamplification du mercure dans la chaîne alimentaire est considérable, résultant essentiellement des transferts cumulatifs de la forme méthylée du métal. Ainsi, les concentrations les plus élevées sont détectées chez les poissons prédateurs, qui peuvent être de plusieurs millions de fois supérieures à celles mesurées dans l'eau (quelques ng/L dans l'eau et plusieurs mg/kg dans les organismes prédateurs). De plus, la forme chimique prédominante au sein des biotopes aquatiques (colonne d'eau et sédiments) est le Hg inorganique, alors que les données provenant des nombreuses études réalisées sur les hydrosystèmes européens ou nord-américains montrent que le méthylmercure (MeHg) est la forme majoritaire du métal bioaccumulée dans le tissu musculaire des poissons (Boudou A. 1998).

Un rapport d'Electricité de France (1993, étude dans la région du fleuve Sinnamary) ainsi que les données de la campagne de surveillance du Ministère de l'Agriculture (DSV) ont d'ailleurs mis en évidence des teneurs en mercure dans les poissons prédateurs qui dépassent les normes réglementaires (0,5 à 1 mg/kg, poids frais, selon les espèces).

Or, les connaissances sur l'exposition chronique au mercure via la chaîne alimentaire et ses effets sur la santé, notamment ses effets neurotoxiques, mieux documentées au cours de ces dernières années, incitent à une grande vigilance en matière de santé publique (Branches F.P.J. 1993, Buzina R. 1995, Chan H.M. 1995, Foldspang A. 1990, Girard M. 1996, Ikingura J.R. 1996, Lebel J. 1995, Mac Keown-Eyssen G.E. 1983, Marsh D.O. 1995).

A l'issue d'une mission d'évaluation menée par le Réseau National de Santé Publique sur la contamination du milieu guyanais par le mercure, signalant une possible contamination de la population guyanaise, une étude de l'imprégnation de cette population a été réalisée en 1994 (Cordier S. 1994).

Les résultats de cette étude n'ont pas montré de niveaux élevés pour l'ensemble de la population, à l'exception des communautés amérindiennes et notamment des Wayanas du Haut-Maroni. Ces populations qui résident au bord du fleuve se nourrissent essentiellement de poissons. La mesure du mercure capillaire (cheveux), retenue pour estimer l'exposition au méthylmercure (forme prédominante du mercure alimentaire, Malm O. 1995) indiquait une concentration moyenne de 1,7µg/g chez les métropolitains, alors qu'elle était de 6,6µg/g chez les amérindiens. Dans la communauté wayana, elle atteignait 11,7µg/g chez les adultes (n=26) et 14µg/g chez les enfants (n=14), ce qui correspondait à 65% des adultes et 80% des enfants au delà de la limite de 10µg/g préconisée par l'OMS.

Les activités passées et actuelles d'orpaillage sur les fleuves Maroni et Inini et sur leurs bassins-versants ont été et restent les plus importantes en Guyane ; ce constat montre qu'une certaine cohérence lie les données environnementales et les valeurs d'exposition des populations observées sur le Haut-Maroni.

Les conclusions de l'étude épidémiologique menée en 1994 soulignaient la nécessité de réaliser des investigations complémentaires et en particulier une étude nutritionnelle, afin de quantifier l'apport alimentaire de mercure et d'identifier les espèces et les teneurs en métal dans les poissons et les gibiers consommés par les indiens wayanas du Haut-Maroni.

En effet, au vu des connaissances actuelles, cette contamination des poissons par le mercure semble présenter un réel problème de Santé Publique, compte-tenu du fait que les poissons constituent la base alimentaire de certaines populations autochtones. Il s'avère important de s'assurer que les apports alimentaires respectent "au minimum" les recommandations de l'OMS qui ont fixé la dose hebdomadaire tolérable à titre provisoire (DHTP) à 200 µg de méthylmercure pour une population adulte. Il faut souligner que cette limite ne prend d'ailleurs pas en compte la plus grande vulnérabilité des enfants vis à vis de ce métal, en particulier quant à ses effets sur le système nerveux central.

Pour apporter des réponses à ces différentes questions, une approche multidisciplinaire a été mise en œuvre, depuis l'analyse de l'impact environnemental du mercure jusqu'à ses effets chez l'homme. Ainsi, un programme d'études financé par la région Guyane a été lancé par un ensemble d'équipes de recherche appartenant à différents organismes (ORSTOM, CNRS, Universités, ...), le volet sanitaire ayant été confié au Réseau National de Santé Publique/Institut

de Veille Sanitaire. L'articulation entre les études environnementales et sanitaires, dont bénéficie l'étude présentée dans ce document, est de toute importance pour arriver à proposer des solutions réalistes pour agir contre les effets de la pollution par le mercure en Guyane. Elle est complétée par une enquête menée parallèlement sur les effets neurotoxiques chez les enfants, afin de caractériser l'impact sanitaire de tels apports alimentaires.

Toxicité du mercure

Selon la forme chimique sous laquelle il se présente (inorganique ou organique), et les voies d'absorption dans l'organisme (inhalation, alimentation), le mercure induit des symptômes différents. En Guyane, les populations concernées par ce toxique sont essentiellement les communautés amérindiennes, fortes consommatrices de poissons et les orpailleurs, qui ne font pas l'objet de cette étude, mais pour lesquels certains effets liés au mercure inorganique sont rappelés.

1. Toxicité du mercure organique

Le mercure inorganique rejeté dans l'environnement par des sources naturelles ou industrielles est en partie drainé dans l'eau des rivières, des étangs, des lacs et des océans ; il se dépose dans les sédiments où il est méthylé par des bactéries. Le méthylmercure produit peut entrer dans la chaîne alimentaire pour atteindre des concentrations maximales dans la chair des gros poissons carnivores. Pour la population générale, les apports de mercure seront donc principalement alimentaires, les apports dépendant de la consommation de poissons et de la concentration du méthylmercure dans ces derniers.

Toxicocinétique

Le méthylmercure est très bien absorbé par voies respiratoire, digestive et percutanée. Dans le sang, le mercure organique est presque complètement (80-90 %) érythrocytaire. Il passe aisément la barrière hémato-encéphalique et se concentre dans le cerveau. La diffusion à travers le placenta est également très facile. Les dérivés alkylés sont très lentement métabolisés, par déalkylation ; leur élimination est principalement biliaire et c'est presque exclusivement du mercure inorganique qui est excrété. Le passage dans le lait est important. La demi-vie d'élimination du méthylmercure est comprise entre 35 et 189 jours.

Symptomatologie

La neurotoxicité du mercure organique et en particulier du méthylmercure a été démontrée lors de deux épisodes d'intoxication massive : l'un dans les années 50 à Minamata au Japon à la suite de consommation de poissons à très forte teneur en méthylmercure, l'autre dans les années 70 en Irak suite à l'ingestion de céréales sur lesquelles un fongicide contenant du mercure (éthyl et méthylmercure) avait été vaporisé. En Irak, plus de 6000 cas d'intoxication sévère et plus de 600 morts ont été enregistrés dans les hôpitaux du pays (Sigel E. 1998). L'intoxication peut aussi résulter d'une contamination unique et dans ce cas, une dose de 5 mg/kg est suffisante pour produire une intoxication mortelle.

Chez l'adulte, à l'exception des très fortes doses, tous les signes sont dus à des altérations sélectives et localisées, du système nerveux (cortex visuel et cervelet), le cerveau étant l'organe cible (Clarkson 1992). Les principales manifestations se traduisent par un rétrécissement concentrique du champ visuel, une baisse de l'acuité auditive, des troubles de l'équilibre et de la marche. A un stade plus avancé, le méthylmercure est responsable d'une encéphalopathie sévère associant un syndrome cérébelleux, une détérioration intellectuelle, une cécité et une surdité corticales. A terme, la régression des troubles est inconstante et toujours incomplète. Les premiers signes d'intoxication surviennent habituellement des semaines et des mois après le contact. Le fait que les premiers effets du méthylmercure soient des symptômes non spécifiques tels qu'une paresthésie constitue une difficulté de diagnostiquer une intoxication au méthylmercure.

Par ailleurs, le méthylmercure est fœtotoxique et tératogène. Il a été montré que le fœtus et le jeune enfant sont beaucoup plus sensibles que l'adulte ; contrairement à des altérations cérébrales localisées chez l'adulte, dans le jeune cerveau en pleine période de croissance, les lésions produites sont beaucoup plus diffuses et étendues. Ainsi à Minamata les mères exposées pendant leur grossesse et n'ayant aucun symptôme ou des paresthésies transitoires ont donné naissance à des enfants souffrant de problèmes neurologiques sévères. Les déficits observés chez les jeunes enfants sont des retards psycho-moteurs, statur pondéraux et de l'acquisition du langage, des signes d'atteinte pyramidale et parfois des convulsions (Muckle G, 1995). Par exemple, la présence de réflexes anormaux lorsque les pieds sont en extension et des microcéphalies ont été observées.

Une différence de susceptibilité entre les sexes a été constatée en Irak, au Canada (McKeown-Eyssen 1983) mais également lors d'expérimentations animales, montrant un effet plus marqué chez les garçons que chez les filles¹. Alors que chez l'adulte un seuil pour la relation dose-réponse se situerait entre 50-100 µg/g de cheveux, le seuil au cours de la vie prénatale serait observé pour des concentrations de mercure dans les cheveux maternels entre 10-20 µg/g. En dépit de l'incertitude de ces estimations de valeur seuil, qui sont actuellement revues à la baisse, la relation dose-réponse chez le fœtus indique que ce dernier serait 5 à 10 fois plus sensible que l'adulte à un problème neurologique causé par le méthylmercure.

Biométrie : Les meilleurs indicateurs de l'exposition au méthylmercure sont les concentrations sanguine et capillaire du métal. Dans la population générale, elles sont bien corrélées à la consommation de poisson. Les premiers effets neurotoxiques décelés chez l'adulte surviendraient quand elles dépassent respectivement 200 µg/L et 50 µg/g. Chez les personnes exposées au méthylmercure, il est recommandé de maintenir la mercurémie en deçà de 100 µg/L.

¹ notons que cette différence a été retrouvée dans l'étude de neurotoxicité menée chez les Wayana (Cordier 1999).

2- Toxicité du mercure minéral

L'exposition au mercure minéral concerne essentiellement des populations exposées professionnellement. C'est ainsi, que les activités d'orpaillage, qui comportent une phase de chauffage du mercure métallique après la réaction d'amalgamation avec les micro-particules d'or, exposent les orpailleurs à des vapeurs de mercure. Ces expositions peuvent être responsables d'intoxications aiguës et chroniques.

Toxicocinétique

L'absorption respiratoire des vapeurs de mercure est importante, de l'ordre de 80 %, alors que l'absorption intestinale est très faible pour le mercure métallique ou ses sels mercuriques (taux de transfert de 0,01% et environ 7%). Dans le sang, le ratio hématies/plasma est voisin de 1 pour le mercure inorganique. Le mercure élémentaire absorbé est rapidement oxydé, par des catalases, en mercure mercurique. Le mercure ionisé est principalement distribué dans le rein qui contient 50 à 90 % de la charge corporelle. Il y est, en grande partie, lié à une protéine de faible poids moléculaire, la métallothionéine. Le mercure ionisé ne passe pas la barrière hémato-encéphalique. En raison du bref temps de transit entre les poumons et le cerveau, une partie du mercure élémentaire absorbé parvient au cerveau et peut traverser la barrière hémato-encéphalique qui lui est perméable. Au niveau cérébral, l'oxydation en ion mercurique est rapide ; le mercure ionisé est piégé dans le cerveau où il va s'accumuler si l'exposition est poursuivie. Le mercure élémentaire passe facilement la barrière placentaire ; le mercure ionisé est beaucoup moins diffusible.

Ces particularités cinétiques et métaboliques expliquent que les deux principaux organes cibles du mercure inorganique soient le rein et le système nerveux central.

L'élimination du mercure inorganique est principalement rénale ; mais il existe une notable excrétion fécale (elle peut atteindre 40 %) ; les quantités éliminées dans la salive, la sueur et l'air expiré sont faibles. A l'arrêt de l'exposition, la décroissance des concentrations sanguines est biphasique avec des demi-vies de 2 à 4 jours et 15 à 45 jours, pour le sang total.

Symptomatologie

L'inhalation aiguë de vapeurs de mercure est un accident qui peut faire suite au chauffage intempestif de mercure métallique. Cet accident est, initialement, bien toléré. Ce n'est que quelques heures plus tard qu'apparaissent une asthénie, une hyperthermie, des troubles respiratoires (toux, dyspnée), traduisant une irritation intense des voies respiratoires. Ces accidents graves évoluent rapidement vers une alvéolite hémorragique qui peut être responsable d'un décès précoce. Les signes d'intoxication systémique (atteinte tubulaire rénale, stomatite) sont toujours discrets ou absents. A terme, chez les survivants, une fibrose pulmonaire séquellaire est souvent constatée.

L'exposition répétée aux vapeurs de mercure peut être responsable d'une *intoxication chronique*. La principale manifestation de l'intoxication mercurielle chronique est une

encéphalopathie. Au début, les manifestations cliniques sont subjectives et peu spécifiques : céphalées, asthénie, hyperémotivité, irritabilité, troubles du sommeil, difficultés mnésiques et de concentration, diminution de la libido.

Dès ce stade, des altérations des tests psychométriques et des potentiels évoqués permettent d'objectiver l'atteinte neurologique centrale. A un stade ultérieur apparaissent un tremblement, puis un syndrome cérébelleux complet et une importante détérioration intellectuelle. Plus rarement, il existe une atteinte des voies optiques et/ou un syndrome extrapyramidal. La plupart des études publiées ne retrouvent pas de signe d'atteinte neurologique centrale chez les travailleurs exposés à des concentrations atmosphériques moyennes (8h/j x 5j/sem) inférieures à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et dont la mercuriurie est inférieure à $50 \mu\text{g}/\text{g}$ de créatinine. Dans quelques cas, des effets subcliniques ont été détectés pour des concentrations atmosphériques comprises entre 30 et $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et une mercuriurie de 35 à $50 \mu\text{g}/\text{g}$ de créatinine.

L'*atteinte neurologique périphérique* (polynévrite sensitivo-motrice distale) est assez fréquente mais elle est presque toujours latente cliniquement.

Une *stomatite* est parfois associée à l'encéphalopathie ; elle est favorisée par une mauvaise hygiène dentaire ; dans les intoxications sévères, elle entraîne la chute des dents. La parotidite et le liséré gingival, qui sont classiquement décrits dans les hydrargyrismes anciens, sont en fait rarement observés.

Le mercure est responsable de deux types d'*atteinte rénale* : des tubulopathies qui sont dose-dépendantes et des glomérulopathies (glomérulonéphrite extramembraneuse) dont le mécanisme est immunotoxique et qui ne surviennent que chez certains individus d'une collectivité exposée. De nombreuses études épidémiologiques ont montré qu'aucune atteinte tubulaire n'est généralement décelable lorsque la concentration atmosphérique moyenne reste inférieure à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et que la mercuriurie ne dépasse pas $50 \mu\text{g}/\text{g}$ de créatinine. Des études récentes ont mis en évidence une augmentation de l'excrétion urinaire de N-acétylglucosaminidase (témoignant d'un dysfonctionnement tubulaire), lorsque la mercuriurie dépasse $25 \mu\text{g}/\text{g}$ de créatinine. Pour les effets glomérulaires, en raison de leur mécanisme de survenue, il n'est pas possible de fixer de valeurs des différents indicateurs en-deçà desquelles ils ne seraient plus susceptibles de survenir ; ils n'ont jamais été rapportés chez des travailleurs dont la mercuriurie était inférieure à $50 \mu\text{g}/\text{g}$ de créatinine.

Les *éruptions cutanées allergiques* sont fréquentes et très polymorphes : urticaire, eczéma, érythrodermie, éruptions bulleuses, purpura, etc.). La plus typique est l'érythème mercuriel qui est une éruption maculo-papuleuse érythémateuse très prurigineuse, évoluant vers une fine desquamation furfuracée, avec de grandes traînées purpuriques au niveau des zones de frottement et des plis de flexion.

L'*acrodynie* (pink disease) est un syndrome qui associe : une atteinte des mains et des pieds qui sont rouge violacé, moites, froids, œdématisés et douloureux avec une desquamation en grands lambeaux des paumes et des plantes ; des troubles du comportement (apathie, irritabilité, insomnie) ; une photophobie ; des sueurs profuses ; une hypertension artérielle et une tachycardie sinusale. Ce n'est pas une atteinte dose-dépendante. Elle a surtout été décrite chez

des enfants intoxiqués par des sels mercureux ou des vapeurs de mercure. Elle n'atteint toujours qu'une partie des membres d'une collectivité exposée. Son mécanisme n'est pas connu.

Le *mercurialentis* est un reflet brunâtre de la capsule antérieure du cristallin des personnes exposées au mercure ; il peut s'accompagner d'opacités cristalliniennes punctiformes disséminées.

Le mercure élémentaire est *foetotoxique*. Sa tératogénicité est démontrée dans plusieurs espèces animales.

Biométrie : Le meilleur indicateur biologique de l'exposition au mercure inorganique est la concentration urinaire du métal. Elle est inférieure à 5 µg/g de créatinine dans la population générale. La valeur-limite proposée, en France, pour les travailleurs exposés au mercure ou à ses dérivés inorganiques est de 50 µg/g de créatinine (prélèvement avant le début du poste de travail). Le mercure plasmatique est probablement aussi un bon indicateur de l'exposition aux dérivés inorganiques du mercure, mais les données disponibles sont trop peu nombreuses pour qu'on puisse proposer des valeurs-limites. La concentration du mercure dans le sang total n'est utilisable que chez les individus qui ne consomment pas de poisson plusieurs fois par semaine car elle est très dépendante des apports de mercure organique qui se concentre dans les hématies. Dans la population générale, les individus qui ne sont pas des consommateurs habituels de poisson ont une mercuriémie inférieure à 5 µg/L. La valeur-limite proposée, en France, pour les travailleurs exposés au mercure inorganique, est de 15 µg/L (prélèvement en fin de poste et en fin de semaine). Les données publiées concernant le mercure salivaire ne permettent pas d'évaluer cet indicateur.

II. OBJECTIFS

La population amérindienne wayana, qui vit au bord du fleuve Maroni et du Tampoc, se nourrit essentiellement de poissons, qui accumulent le mercure via les processus complexes de bioamplification du métal, plus précisément de la forme organique méthylée, le long des réseaux trophiques aquatiques. Il convient donc :

- 1) de vérifier les niveaux d'imprégnation par le mercure de cette population sur un échantillon de taille plus importante que dans l'étude réalisée en 1994 (n=40),
- 2) de mieux connaître la consommation et les habitudes alimentaires de cette population,
- 3) de quantifier l'apport alimentaire de mercure et d'identifier les espèces et les teneurs en mercure de poissons et de gibiers, par une enquête nutritionnelle associée parallèlement à des dosages alimentaires de ce contaminant,
- 4) enfin, de proposer des recommandations de type alimentaire en tenant compte de l'alimentation traditionnelle.

Les résultats de cette étude permettront donc de proposer des mesures de réduction de l'exposition afin de protéger les populations.

III. MATERIEL ET METHODES

III.1 Type d'enquête

La méthodologie retenue est celle d'une enquête nutritionnelle familiale réalisée sur une période de 7 jours, à deux saisons différentes (mars et novembre 1997) qui se distinguent par des variations de l'alimentation, notamment de poisson et de gibier. Les trois sites retenus dans le cadre de cette enquête sont les villages amérindiens wayana de tailles les plus importantes situés en amont de Maripasoula (Cayodé, Twenké-Taluhen et Antécume-Pata)

Comme dans la plupart des enquêtes alimentaires où le repas n'est pas structuré, nous avons opté pour la méthode pondérale avec quelques aménagements. Elle repose sur des données de consommation obtenues auprès de 165 sujets sur une période de 1 à 14 jours selon leur mobilité et les sites d'enquête, soit 940 jours x personnes. Un relevé de consommation alimentaire familial comportait d'une part les poissons (nom, nombre, taille, poids éviscéré) et gibiers consommés par la famille, d'autre part l'âge et le sexe des convives au cours des différents repas de la journée. Ces questionnaires familiaux ont été recueillis au mois de mars sur les 3 sites (sommairement à Cayodé en raison de certaines difficultés logistiques), alors qu'au mois de novembre, seul le village de Twenké a été retenu pour une meilleure coordination des différentes tâches. Des relevés de pêches pouvant porter sur un nombre de familles plus important ont également été enregistrés afin de valider les espèces les plus fréquemment pêchées et donc consommées selon les sites et périodes considérés. Ils portent sur environ 250 kg de poissons éviscérés.

Afin d'estimer la consommation journalière de poissons et/ou viande par une personne appartenant à une certaine catégorie de sexe et d'âge, nous avons procédé à des relevés individuels de consommation sur un sous-échantillon de personnes : quelques unes en mars dans divers villages et sur l'ensemble du village de Twenké en novembre, correspondant à 227 jours x personnes. Pendant les deux premiers jours nous avons testé le dispositif en situation réelle avant le début de l'enquête.

Parallèlement à l'enquête sur les consommations, des prélèvements de poissons et de quelques gibiers ont été réalisés en étroite collaboration avec l'équipe "Ecotoxicologie" du programme "Mercure en Guyane" initié par le CNRS² (Université Bordeaux 1/CNRS, ORSTOM), sur les trois sites et aux deux périodes d'étude. Elles ont permis d'établir une table de composition comprenant les concentrations en mercure total des différentes espèces de poissons considérées et donc d'estimer l'apport alimentaire en mercure. Une table de diagnose des poissons selon la dénomination latine et wayana a été établie, ainsi qu'une table de correspondance taille/poids entier, éviscéré, chair.

Des relevés anthropométriques ont également été effectués auprès de 264 personnes des différents villages dans le but d'apporter des éléments d'information supplémentaires concernant l'aspect nutritionnel de cette population.

Des prélèvements de cheveux ont été obtenus auprès de 235 personnes des divers villages afin de confirmer ou non les concentrations de mercure observées dans l'étude menée en 1994 et d'étudier la variation géographique de l'exposition au mercure. Sur un sous échantillon de 87 sujets répartis sur les 3 sites, nous avons réalisé plusieurs types d'analyse sur le cheveux: 1) une étude de variation saisonnière en prélevant les cheveux de ces personnes en mars et novembre 2) une spéciation, c'est à dire l'analyse de mercure inorganique et organique afin de caractériser la part de mercure alimentaire et environnemental, et 3) une étude de la contamination exogène en étudiant les concentrations de mercure le long du cheveu (de 0 à 2 cm, de 2 à 4 cm et de 4 à 6 cm).

La mise en œuvre de cette étude, coordonnée par le RNSP a été réalisée auprès des familles par deux épidémiologistes du RNSP, une nutritionniste de l'INSERM U290, en collaboration avec le laboratoire d'écotoxicologie de l'université Bordeaux I/CNRS, l'ORSTOM de Cayenne, la DDASS de Cayenne et le Conseil général de Guyane.

III.2. Population (cf. carte)

La rencontre avec les communautés Wayana se fait essentiellement dans le Haut-Maroni, avec des villages situés sur les rives françaises et surinamiennes, accessibles uniquement en pirogue ou hélicoptère. Cette localisation sur les deux rives d'un fleuve frontalier n'empêche pas les échanges culturels et économiques en raison des relations de parenté et de commerce. Leur vie s'organise avec les travaux agricoles (abattis), la chasse, la pêche et la cueillette qui fournissent la totalité des besoins alimentaires, mais également en activités artisanales telles que la poterie, la vannerie, le filage du coton, ainsi que d'autres activités plus ludiques telles que le football et les fêtes traditionnelles où se mêlent danses, chants et cachiri, boisson locale à base de manioc. Si la langue wayana est parlée par tous, il n'en va pas de même du français qui est parlé surtout par les plus jeunes. L'enseignement des classes primaires a été mis en place dans des écoles localisées au sein des villages depuis ces 20 dernières années. Les villages sont dépourvus d'électricité, bien que des groupes électrogènes soient utilisés de façon ponctuelle. Le village d'Antécume-Pata est pourvu d'une petite centrale hydroélectrique, malheureusement souvent en panne. Par ailleurs lors de notre passage, seuls Twenké et Antécume-Pata étaient munis de kit de chloration de l'eau destinée à l'alimentation ; ce dispositif est en train de s'étendre

² Ce Programme a été mis en place par le Programme "Environnement, Vie et Sociétés" du CNRS, avec un co-financement alloué par le Ministère de l'Environnement et la Préfecture de la Guyane (fonds FEDER). Les travaux réalisés en 1997 en collaboration étroite avec le RSNP s'inscrivent dans la phase préliminaire du Programme, établi sur une durée totale de 4 ans.

aux autres villages. Des liaisons radio sont effectuées avec Maripasoula au sein de chaque village, et tout récemment pour Cayodé.

La population d'étude est donc la population amérindienne wayana du Haut-Maroni de Guyane française. Les données du recensement de mars 1996 de l'ensemble de cette population, que nous avons actualisé lors de notre passage, indiquent un effectif d'environ 750 personnes. Les trois sites retenus dans le cadre de cette enquête sont les 4 villages amérindiens de taille les plus importantes situés en amont de Maripasoula et accessibles en pirogue, qui représentent un effectif d'environ 520 personnes :

- Cayodé, le plus en aval et situé sur le Tampoc, un affluent du Maroni où s'exercent actuellement des activités d'orpaillage ;
- Twenké et Taluhen, deux villages situés l'un en face de l'autre, dans la partie centrale du haut Maroni ;
- Antécume-Pata, situé en amont du haut Maroni.

Twenké, Taluhen et Antécume-Pata correspondent aux trois villages inclus dans la population d'étude de l'enquête menée en 1994 par le RNSP. Ces villages sont situés au dessus de la zone réglementée reliant Camopi à Maripasoula, c'est à dire que tout déplacement nécessite une autorisation préfectorale.

L'inclusion des foyers familiaux qui constituent la base de l'échantillonnage s'est faite sur la base du volontariat et sur des critères de faisabilité. Les principales difficultés logistiques étaient en effet une absence fréquente des habitants, la dispersion des familles au sein du village et des problèmes de compréhension linguistique. Ainsi, l'ensemble des 10 foyers de Twenké ont participé au mois de mars et de novembre, et en mars 5 familles à Cayodé, 3 familles à Taluhen et 5 familles à Antécume-Pata. En raison des difficultés précitées, la durée d'observation a été différente selon les familles (1 à 14 jours).

III.3. Méthode

La mesure de la consommation alimentaire a été effectuée au sein de chaque famille par la pesée directe des ingrédients des repas et de leur répartition entre consommateurs, qui est une méthode assez précise. Par ailleurs, d'autres méthodes d'estimation plus grossière (le plus souvent) n'étaient pas réalisables dans le contexte : c'est le cas de la méthode du rappel des 24 heures avec la difficulté du souvenir ou de traduire en quantité la consommation de la journée, ou de la méthode globale à l'échelle de tout le village, qui consiste à mesurer toute nourriture entrant dans le village (chasse, pêche) et qui aurait nécessité un nombre d'enquêteurs plus important,

car la localisation des villages sur des îles permet de multiples arrivées. De même, l'utilisation de "portion double" en raison d'apports alimentaires non excédentaires était inenvisageable.

Cette étude nutritionnelle a été associée parallèlement à des dosages alimentaires de mercure et comprend donc:

- des relevés anthropométriques de la population ;
- des relevés de consommation alimentaires familiaux ;
- des relevés de consommation alimentaires individuels ;
- des relevés de pêche et de chasse ;
- des prélèvements de poissons et de gibiers en vue de dosage du mercure ;
- des prélèvements de cheveux.

III.3.1. Logistique

Une mission réalisée au mois d'août 1996 avait permis d'informer les responsables des populations de Cayodé, Twenké, Taluhen et d'Antécume sur la mise en place d'études sur la problématique du mercure et d'étudier sa faisabilité au sein de la population. Lors de la mise en place de l'enquête nutritionnelle, nous avons organisé des réunions d'information auprès des habitants avec traduction simultanée en wayana ainsi que dans les écoles avec le concours des instituteurs. L'information sur le problème du mercure a été reçue avec intérêt par les habitants et a contribué à favoriser une meilleure adhésion au projet.

III.3.2. Relevés anthropométriques

Le poids, la taille et l'âge ont été relevés auprès de 264 personnes résidant dans les villages de Cayodé, Twenké, Taluhen et Antécume-Pata. Ces relevés portent sur un échantillon de personnes plus important que celui sur lequel porte l'enquête alimentaire proprement dite. Ces mesures ont pour but d'apporter des éléments d'information supplémentaires concernant l'aspect nutritionnel de cette population. Elles ont été réalisées au moyen de toises portatives (adultes et enfants), de pèse-personne et pèse-bébés mécaniques fournis par la DASS Guyane, par les enquêtrices du RNSP et les agents de santé. Ces mesures ont été renouvelées en novembre auprès des enfants par une même enquêtrice. L'âge des enfants a été obtenu de façon précise par les instituteurs et les carnets de santé.

III.3.3. Les relevés de consommation alimentaire

Relevé de consommation alimentaire familial

Il permettait de relever chaque jour d'une part les poissons (nom, nombre, taille, poids) et gibiers consommés par la famille, d'autre part l'âge et le sexe des convives participant aux différents repas de la journée. Les déchets et les restes étaient également pesés. Dans le cas le plus favorable, un questionnaire, remis et relevé chaque jour par l'enquêtrice, était rempli par une personne désignée au sein de la famille. Dans le cas où le questionnaire ne pouvait être rempli

par une personne de la famille (ex: Cayodé, Antécume), l'enquêteur prenait en charge le remplissage, ce qui a eu pour conséquence de travailler sur un nombre restreint de foyers.

Relevé de consommation alimentaire individuel

Les données de consommation alimentaire décrites dans la littérature concernent en général la "consommation per capita" : la ration totale divisée par le nombre de consommateurs. Cette donnée est assez limitée puisqu'elle ne tient pas compte de la structure démographique de la population dont dépendent les besoins alimentaires.

Afin d'estimer la part de poisson ou de viande consommée par une personne appartenant à une certaine catégorie de sexe et d'âge, nous avons procédé à des relevés alimentaires individuels. Ceci a été réalisé au sein de familles de divers villages quelques jours au mois de mars et sur l'ensemble des familles de Twenké au mois de novembre, soit 227 questionnaires individuels. Les relevés de consommation individuelle ont été effectués soit par pesées alimentaires directes lors des repas, soit à l'aide de portions modèles (préalablement établies par la nutritionniste) validées par la consommation familiale totale.

Questionnaire sur les interdits et pratiques alimentaires individuelles

Pour le traitement des données individuelles à partir des fiches familiales, il importait de tenir compte du fait que la consommation de certains poissons et gibiers font parfois l'objet d'interdits socioculturels pendant certaines périodes. Ils s'agit essentiellement des femmes qui allaitent, de personnes ayant passé récemment le "Maraké", rite initiatique wayana, ou de rejets plus ou moins permanents de certains poissons (raie, anguille). Les personnes enquêtées ont donc aussi été interrogées sur ces interdits ainsi que sur les poissons et gibiers qu'elles ne consomment pas.

III.3.4. Pesée des poissons et gibiers et diagnose des poissons

Au retour de pêche les espèces étaient identifiées en wayana. Puis, des pesées étaient réalisées à l'aide de balances alimentaires (jusqu'à 3 et 5kg), pour les petits poids, parfois avec un pèse personne pour les poids élevés, et des mesures de taille étaient effectuées afin d'établir la correspondance avec le poids et de vérifier au maximum la cohérence des résultats. En effet, les familles remplissant elles-mêmes le questionnaire (sous la surveillance des enquêtrices) disposaient d'un mètre ruban pour indiquer la taille de chaque poisson entrant dans la marmite ; plusieurs d'entre elles réalisaient aussi les pesées de poissons éviscérés. Dans les autres familles ayant des difficultés, les enquêtrices se chargeaient de ces tâches. Les déchets étaient pesés en fin de journée au sein de chaque foyer. Certains gibiers ont également été pesés.

Un très important travail de diagnose des différentes espèces de poisson selon leur dénomination wayana et la nomenclature latine correspondante a été réalisé par le RNSP, le LEESA et l'équipeORSTOM, en collaboration avec la population wayana pour caractériser les espèces pêchées et consommées. Enfin, il s'est avéré indispensable d'établir pour chaque

espèce une table de correspondance poids-taille, pourcentage de viscères puis de déchets (arêtes, carcasse).

III.3.5. Enquête des contaminants alimentaires

Parallèlement à l'enquête par questionnaire, des prélèvements de poissons et de quelques gibiers ont été réalisées en étroite collaboration avec l'équipe "Ecotoxicologie" du programme "Mercure en Guyane" (Université Bordeaux 1/CNRS, ORSTOM).

L'apport en mercure est estimé grâce à une table de composition qui comprend les teneurs en mercure des différentes espèces de poisson de l'étude.

Echantillonnage, conservation

Les échantillons de poissons concernent environ cinquante espèces, avec en général des répétitions pour une espèce donnée (individus de taille différente) et sur les trois sites, au cours des deux périodes d'étude. Ces échantillons ont été prélevés par différentes techniques, avec le concours des amérindiens qui ont amené l'équipe d'écotoxicologues et d'hydrobiologistes sur leurs lieux de pêche : pêche aux filets, à la ligne, au harpon, à la nivrée, ... D'autres échantillons de poissons ont été collectés lors des retours de pêche des amérindiens.

Ils sont constitués pour l'essentiel d'échantillons de muscle "frais" de poissons ou de gibiers prélevés au retour de chasse, mais parfois aussi de foie, de sang et d'autres organes (estomac, intestin, reins, cerveau, gonades), à des fins d'études écotoxicologiques plus complètes. Les poissons de grande taille ont été disséqués sur le terrain, après les mesures biométriques (poids et longueur) – les petits ont été prélevés entiers. La logistique de conservation au froid était assez lourde dans ces régions isolées sans approvisionnement électrique continu. Les échantillons ont été stockés dans des sacs plastiques étanches à -20°C grâce à un congélateur alimenté par un groupe électrogène. La chaîne du froid pour l'acheminement vers la France à partir de Cayenne a été assurée par l'utilisation de carboglace (-170°C), le stockage final au laboratoire se faisant à -20°C .

III.3.6. Prélèvements de cheveux et de lait maternel

Le cheveu est un excellent indicateur des niveaux sanguins en particulier de l'exposition au mercure organique, essentiellement d'origine alimentaire. Chez l'homme, la distribution du méthylmercure entre le sang et les cheveux s'effectue dans un rapport 1:250. De plus, il permet d'intégrer les niveaux sanguins au cours des mois, voire des années, précédant le recueil de l'échantillon, sachant que la croissance du cheveu est d'environ 1 cm par mois.

Le prélèvement de cheveux a été réalisé dans la région occipitale où la pousse est constante. Il s'est effectué à l'aide de ciseaux à la racine des cheveux en ne conservant au maximum que 6 cm de long (en raison des contaminations exogènes), le poids de l'échantillon final devant s'élever au minimum à 30 mg. Puis ils ont été conditionnés dans des enveloppes

numérotées selon un codage permettant ensuite de retrouver l'individu. Certaines mèches ont été prélevées pour étudier la contamination exogène.

Le prélèvement de lait maternel a été réalisé à titre exploratoire auprès de 3 femmes à l'aide d'un tire-lait ou de façon manuelle. L'échantillon a été conditionné dans un tube en verre de 7 ml dans lequel était introduit un conservateur (5 gouttes de dichromate de potassium), puis congelé.

III.3.7. Analyses chimiques effectuées

Elles concernent le dosage du mercure total dans les poissons, les échantillons de gibiers, les cheveux et le lait maternel.

Les dosages de mercure total des échantillons de poissons, de gibiers et de lait maternel ont été réalisés au laboratoire d'Ecotoxicologie de l'Université Bordeaux 1/CNRS et concernent 289 échantillons. Quelques échantillons ont été sélectionnés dans le but d'effectuer une intercalibration entre le LEESA-CNRS et le CNEVA (Paris). Il y a un léger décalage entre les valeurs des deux laboratoires (10% environ), lié à la détermination différente des poids des échantillons (2 congélations pour le CNEVA ; mesures des poids effectuées à deux étapes différentes). Néanmoins, comme l'indique la Figure jointe en annexe (Annexe 1) les résultats de l'intercalibration LEESA/CNEVA se sont avérés très satisfaisants ($R^2=0,97$).

Les échantillons de muscle squelettique ont été prélevés au niveau dorsal du poisson, de part et d'autre de la nageoire dorsale. Des études préliminaires réalisées sur plusieurs poissons entiers ont montré la bonne homogénéité de la distribution du métal dans l'ensemble du tissu musculaire des poissons.

Le dosage du mercure total a été effectué après digestion acide des échantillons biologiques (poids moyen : 0,5 g de poids frais) dans de l'acide nitrique concentré (Riedel-de-Haën, 65%), en milieu pressurisé et à 100°C pendant 3h. La détermination des teneurs du métal dans les digestats a été réalisée par spectrophotométrie d'absorption atomique sans flamme (spectromètre Varian/CETAC M6000). La limite de détection en conditions normales d'utilisation est de 0.1 ng de mercure (10^{-9} g) par gramme d'échantillon. Pour chaque série de dosages (40 échantillons en moyenne) ont été analysés 4 échantillons certifiés (Dorm 2 – muscle de requin – et Tort 2 – hépatopancréas de homard – NRC/CRNC, Ottawa, Canada). Les concentrations de mercure sont exprimées en poids frais (mesure des poids après décongélation des échantillons) et en poids sec (déshydratation des échantillons à 60°C pendant 3 jours).

Le dosage du mercure total dans les cheveux, a eu lieu dans le même Laboratoire qui avait réalisé les dosages de notre précédente étude guyanaise en 1994, c'est à dire le Centre de Toxicologie du Québec, qui est également le laboratoire de référence pour ce type de dosage. L'analyse est réalisée par spectrophotométrie d'absorption atomique après minéralisation minéralisation des échantillons à l'acide nitrique.

Sur un sous-échantillon de 27 sujets, nous avons réalisé sur le cheveu une analyse de spéciation, c'est à dire les dosages du mercure inorganique et organique, en étudiant les concentrations du métal le long du cheveu (de 0 à 2 cm, de 2 à 4 cm et de 4 à 6 cm).

Le dosage de mercure organique est obtenu par différence entre le dosage de mercure total et celui du mercure inorganique.

Une étude des variations saisonnières a été réalisée sur 87 sujets.

III.3.8. Méthode statistique

Elle comprend les outils statistiques classiques : statistiques descriptives et analytiques. La saisie et l'analyse des données ont été effectuées à l'aide des logiciels Epi-Info (dont Epi-Info), Excel et SAS.

a) Description des populations

Dans un premier temps, sont exposés des résultats sociodémographiques de ces populations (pyramides des âges), et des résultats nutritionnels (Taille/Âge, Poids/Âge, Poids/Taille, corpulence).

Chez les enfants, les index de la taille, du poids et du rapport poids/taille à un âge donné sont exprimés en z-scores (écart réduit), ce qui permet de traduire les observations par rapport à un standard (National Center for Health Statistics/OMS). Ainsi l'index poids/âge en z-score représente la différence entre le poids observé et le poids médian de la population de référence exprimée par unité d'écart-type (standard déviation) :

$$(\text{Poids}_{\text{observé}} - \text{Poids}_{\text{référence}}) / \text{écart-type}_{\text{référence}}$$

Ensuite, un seuil situe les indicateurs faibles ; par exemple, pour l'indicateur poids/taille, ce seuil choisi est de deux fois l'écart-type ou plus au dessous de la valeur médiane du rapport poids/taille de la population de référence.

Par ailleurs, la corpulence (indice de Quételet = Poids/(Taille²)) des adultes est présentée par rapport à une référence française pour laquelle figurent la médiane et les 25^{ème} et 75^{ème} percentiles (Rolland-Cachera 1991).

b) Exposition par le mercure

Dans un deuxième temps, les concentrations de mercure sont décrites dans les cheveux, dans le lait maternel, les poissons et les gibiers.

La densité de fréquence correspondant à la fréquence relative rapportée à la largeur de la classe est représentée afin de tenir compte de classes d'importance inégale. Les variations de concentrations en fonction de différents facteurs tels que les facteurs sociodémographiques (âge, sexe), la corpulence, la saison ont été analysées. La répartition géographique de l'exposition de ces populations au mercure a été également explorée. Les distributions selon l'âge, le sexe et la zone de résidence sont représentées par des box-plots où figurent la médiane encadrée des 25^{ème} et 75^{ème} percentiles ; les limites de part et d'autre correspondent à la valeur immédiatement inférieure à 1,5 fois l'interquartile (écart entre les 25^{ème} et 75^{ème} percentiles) ; les valeurs situées en dehors de ces deux bornes sont représentées. Le box plot permet de visualiser l'étalement, la symétrie de la distribution et permet de procéder à une rapide comparaison de différents groupes.

c) Calcul de l'apport en mercure

Il a été calculé à l'aide des relevés alimentaires individuels et familiaux et de la table de correspondance "espèce-teneur en mercure", dénommée table de composition.

Dans le cas des relevés alimentaires individuels, la quantité de mercure ingérée pour une personne pour chaque jour d'enquête a été calculée directement en fonction de la quantité de chair de poisson consommée quotidiennement (identifiée par espèce) et la table de composition.

Dans le cas des relevés alimentaires familiaux, plusieurs étapes ont été nécessaires.

A partir de la quantité de chair de poisson (identifiée par espèce) ingérée par la famille le jour j, la quantité de mercure ingérée par la famille le jour j (Hg_j) a été calculée avec la table de composition.

A partir des 227 relevés individuels de consommation, il a été possible de calculer une consommation moyenne quotidienne de poisson et/ou viande par sexe et classe d'âge, appelée portion-type (cf. résultats tableau 7).

Pour une personne appartenant à une catégorie particulière (selon son sexe et son âge), sa quantité de mercure ingérée le jour j correspond au rapport de sa portion type par la somme des portions-types des autres convives de la journée, multiplié par la quantité de mercure ingérée par l'ensemble de la famille.

$$QH_g = (P\text{-type indiv.} / \sum P\text{-type de tous les convives}) \times Hg_j$$

1/ Donc pour chaque consommation individuelle quotidienne, la quantité de mercure ingérée par jour est calculée (μg de Hg/j), puis la moyenne de mercure consommé est présentée par tranche d'âge (ex : moyenne de $x \mu g/$ de Hg pour les hommes de 15 à 25 ans).

2/ De même, il a été calculé pour chaque consommation quotidienne la quantité de mercure consommée par kg de poids corporel (μg de $Hg/kg \times$ jour), puis la moyenne est présentée par

tranche d'âge. Ce calcul est effectué à partir du poids de chaque individu, ce qui donne un résultat plus exact que la moyenne de poids dans cette tranche d'âge.

3/ La corrélation entre le mercure des cheveux et le mercure consommé a été étudiée, en calculant la moyenne de consommation de mercure sur la période d'étude chez les individus ayant eu un prélèvement de cheveux et ayant un nombre de jours d'enquête suffisant (au minimum 3-4). La concentration capillaire de mars a été corrélée à la consommation moyenne de mars quand seule celle-ci était disponible. Dans la mesure du possible, la moyenne des concentrations dans les cheveux de mars et novembre a été retenue pour les sujets dont la consommation moyenne a été obtenue sur l'ensemble de la période.

IV. RÉSULTATS

IV.1. Description de la population

IV.1.1. Structure démographique

Les données de recensement de la population wayana guyanaise ont été relevées en mars 1996 par les instituteurs et agents de santé en collaboration avec la gendarmerie. Fournies par la sous-préfecture de St-Laurent et après leur actualisation par le RNSP au sein des quatre villages les plus importants en mars 1997, elles indiquent une population d'environ 750 personnes.

Au mois de mars 1997, la population totale des quatre villages de l'étude, Cayodé, Twenké, Taluhen et Antécume-Pata, était constituée de 521 personnes dont la distribution démographique est indiquée sur les figures 1 à 5. Elle comprend 286 hommes et 235 femmes dont 54,3% ont moins de 20 ans. La population âgée est très faible ; elle correspond à 5,4% de personnes de plus de 60 ans. Par ailleurs, le sex-ratio est à l'avantage du sexe masculin, en particulier pour les tranches d'âge 0 à 4 ans et 5 à 9 ans. Ce dernier résultat concerne surtout les villages de Twenké et de Cayodé et dans une moindre mesure Taluhen, alors qu'à Antécume-Pata, le sex-ratio est plus équilibré.

Figure 1

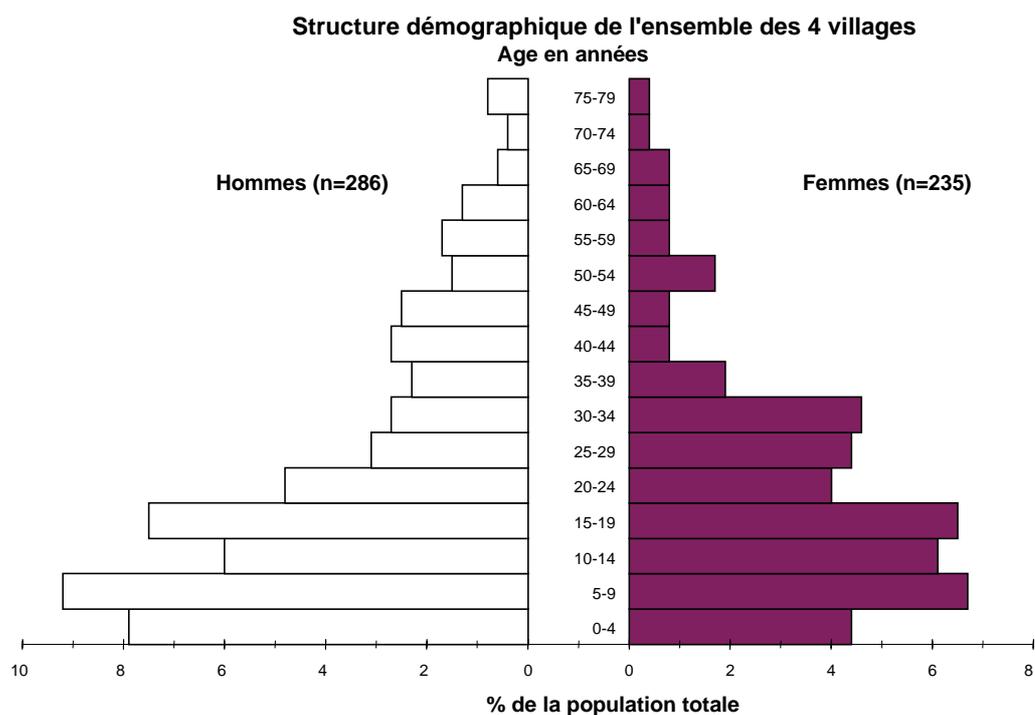


Figure 2

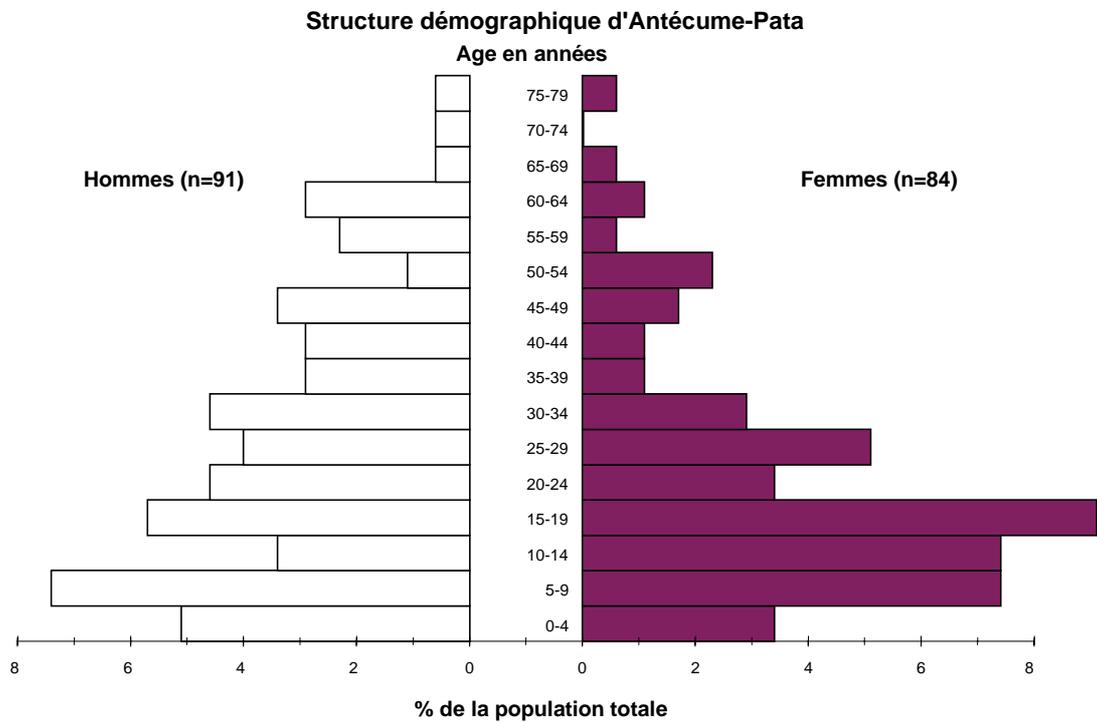


Figure 3

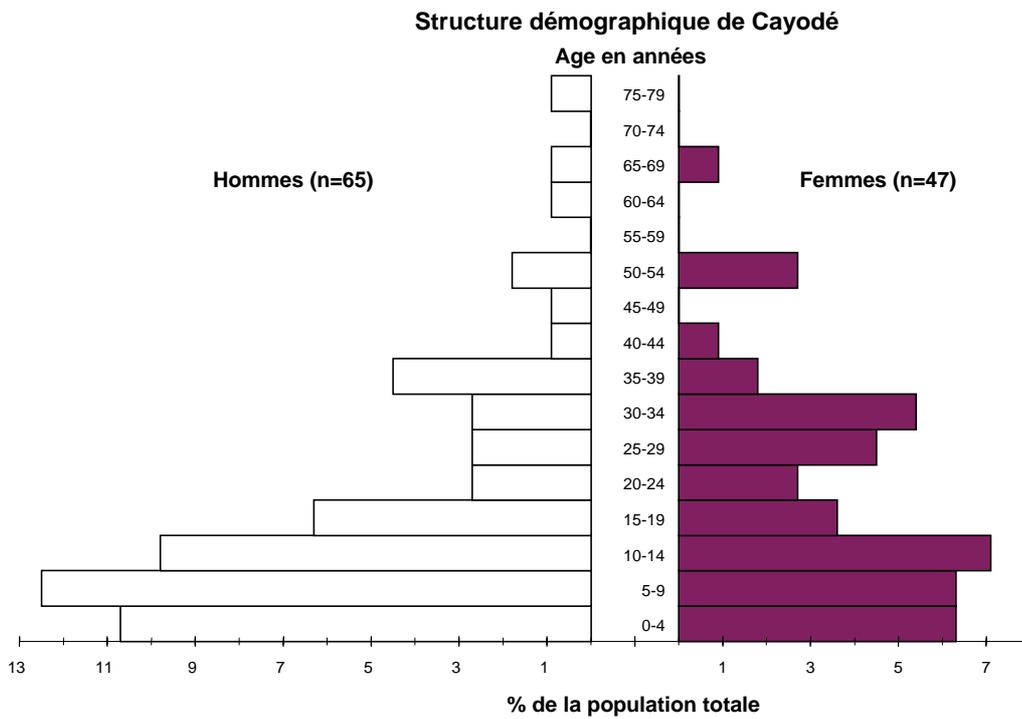


Figure 4

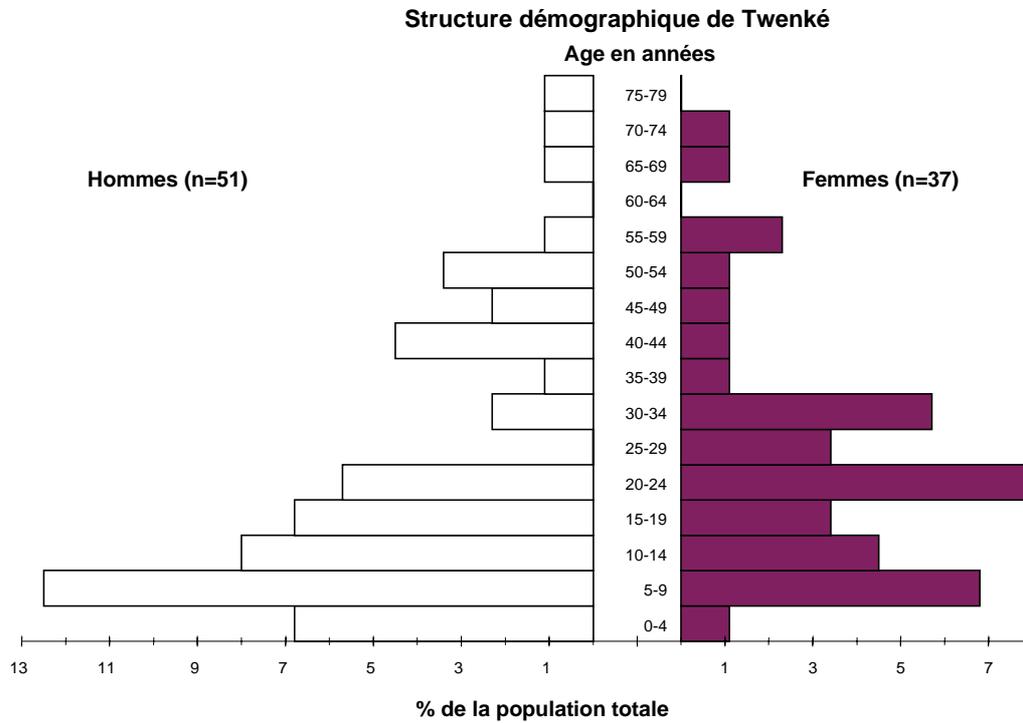
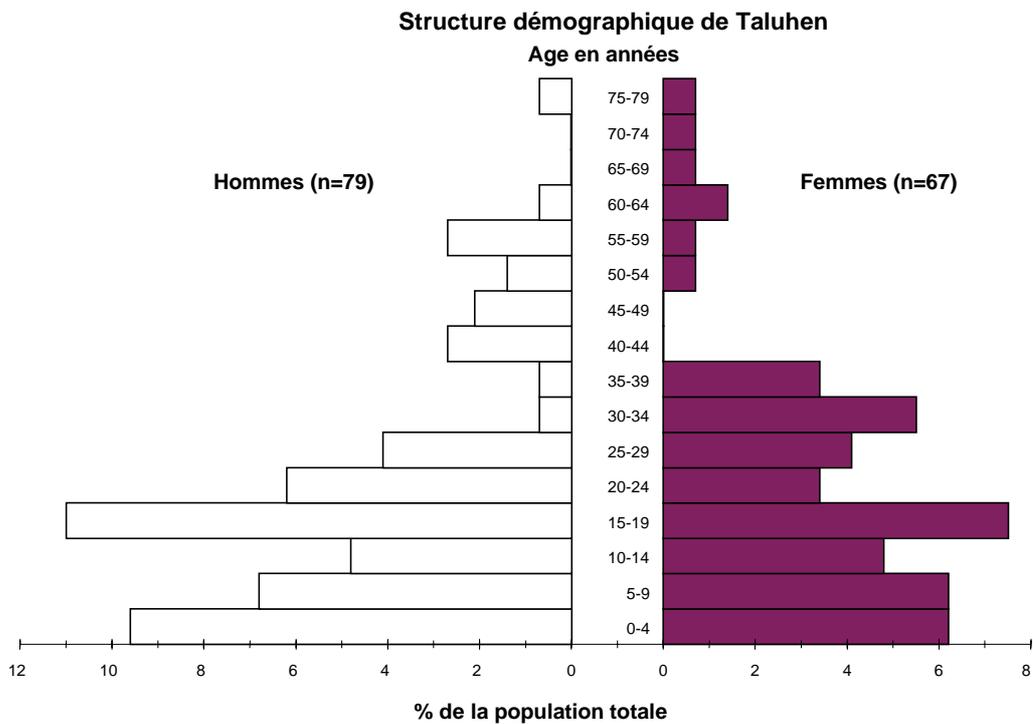


Figure 5



IV.2. Exposition par le mercure

IV.2.1. Dans les cheveux

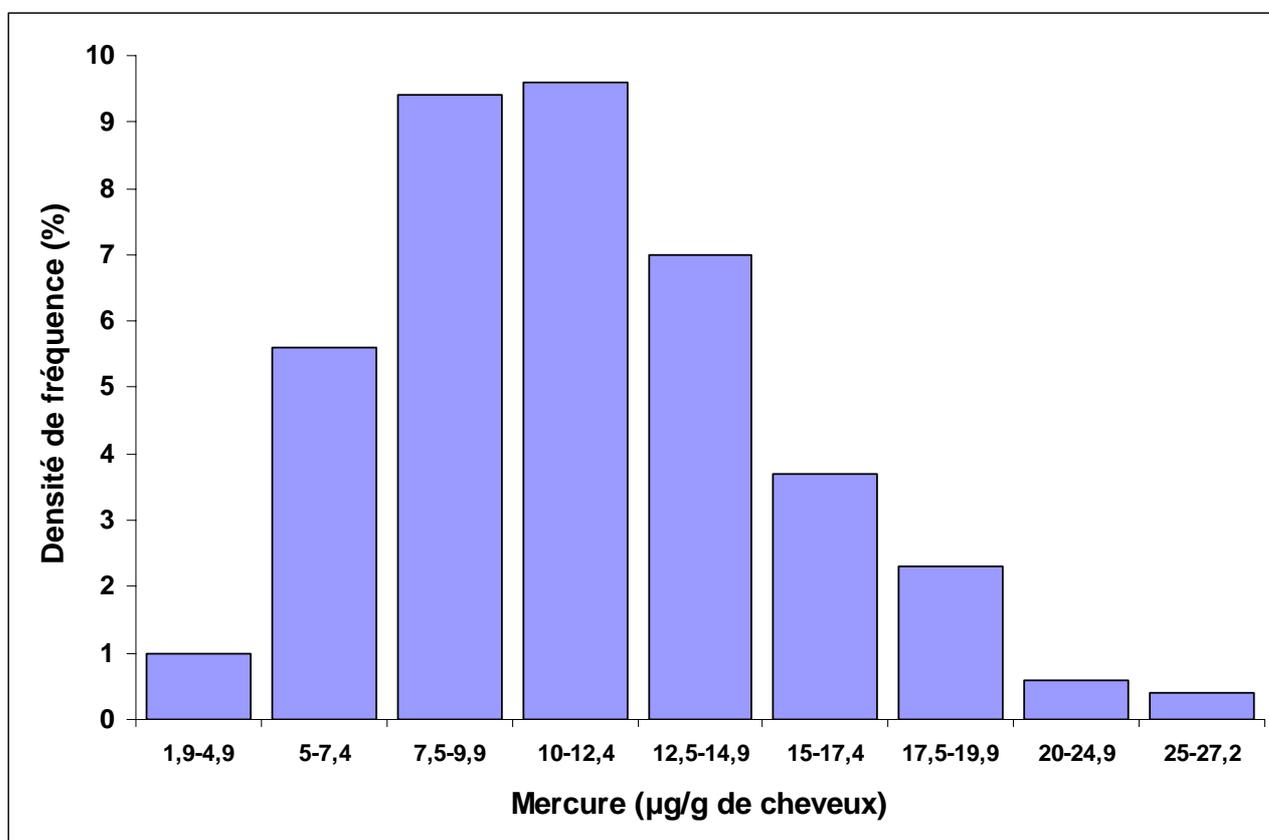
La distribution des valeurs de mercure total dans le cheveu est log-normale, ce qui est en accord avec les données scientifiques. Le tableau ci-dessous détaille les différents paramètres de la distribution présentée dans la figure 6.

Tableau 1. Paramètres de distribution du mercure total dans les cheveux

	N	Moyenne arithm. \pm sd	Moyenne géométrique	Etendue	[25 ^{ème} -75 ^{ème}] percentile	90 ^{ème} perc.
Mercure ($\mu\text{g/g}$ de cheveux)	235	11,4 \pm 4,2	10,6	1,9 – 27,2	[8,2 – 13,5]	17

Les concentrations de mercure sont particulièrement élevées puisque la moyenne dans la population wayana se situe au delà de 10 $\mu\text{g/g}$ de cheveux, valeur recommandée par l'OMS à ne pas dépasser. Ce dépassement concerne 57,4% des personnes ayant eu un dosage de mercure. Rappelons à titre indicatif que la concentration de mercure dans la population guyanaise est d'environ 3 $\mu\text{g/g}$ et de 1,7 $\mu\text{g/g}$ chez les métropolitains de Guyane.

Figure 6. Distribution du mercure total dans les cheveux



Spéciation

L'étude de spéciation a été menée sur un sous échantillon de 27 personnes. Elle a permis 1) de déterminer la part de mercure organique, d'origine alimentaire, et la part de mercure inorganique, essentiellement d'origine environnementale, et 2) d'étudier si des variations de forme de mercure étaient observées au cours des deux saisons.

Elle montre que le mercure total dans les cheveux se répartit en moyenne en 8,5 % de mercure inorganique et en 91,5 % de mercure organique (minimum égal à 86,5% et maximum à 94 %). Il s'avère que cette répartition est identique au mois de mars et de novembre.

Il apparaît donc très nettement que l'apport de mercure de la population est bien essentiellement d'origine alimentaire.

Contamination exogène et mercure alimentaire

L'étude de la contamination exogène a été réalisée sur les 6 premiers cm des cheveux à partir de la racine, en distinguant 3 segments : de 0 à 2 cm, de 2 à 4 cm et de 4 à 6 cm. Elle porte sur le dosage du mercure inorganique dont l'origine est en partie endogène et en partie exogène par dépôt externe sur le cheveu.

On constate une augmentation légère du mercure inorganique dans le dernier segment (4 à 6 cm) avec des variations plus marquées pour les cheveux prélevés en novembre (Moyenne $_{0-2\text{cm}}=1,04$, Moy. $_{2-6\text{cm}}=1,04$ et Moy $_{4-6\text{cm}}=1,17$, $p<0,01$) qu'en mars (Moy. $_{0-2\text{cm}}=0,86$, Moy. $_{2-6\text{cm}}=0,86$ et Moy. $_{4-6\text{cm}}=0,93$, ns).

Il semble que le mercure inorganique, essentiellement d'origine environnementale, se dépose plus facilement sur le cheveu lors de la saison sèche (novembre) que lors de la saison humide (mars).

Quant au mercure organique qui traduit l'apport alimentaire, on n'observe pas de différence statistiquement significative entre les segments en mars, bien que le dernier segment (4 à 6 cm), présente une teneur moyenne un peu plus importante que les deux autres (Moy. $_{0-2\text{cm}}=9,8$; Moy. $_{2-6\text{cm}}=9,7$ et Moy. $_{4-6\text{cm}}=10,2$, ns).

Selon la littérature on considère que la pousse du cheveu est d'environ d'1 cm par mois; on peut alors envisager que le mercure organique du dernier segment des cheveux prélevés au mois de mars correspond au mercure assimilé par l'alimentation des mois de septembre et d'octobre, période où le poisson est abondant.

Pour les cheveux prélevés en novembre, c'est le premier segment (0 à 2 cm) qui présente la moyenne de mercure organique la plus élevée, correspondant également à la consommation de poisson de septembre et d'octobre.

Une teneur un peu plus faible est observée dans le deuxième segment (2 à 4 cm) sans que l'on puisse en déterminer la raison.

Variations saisonnières

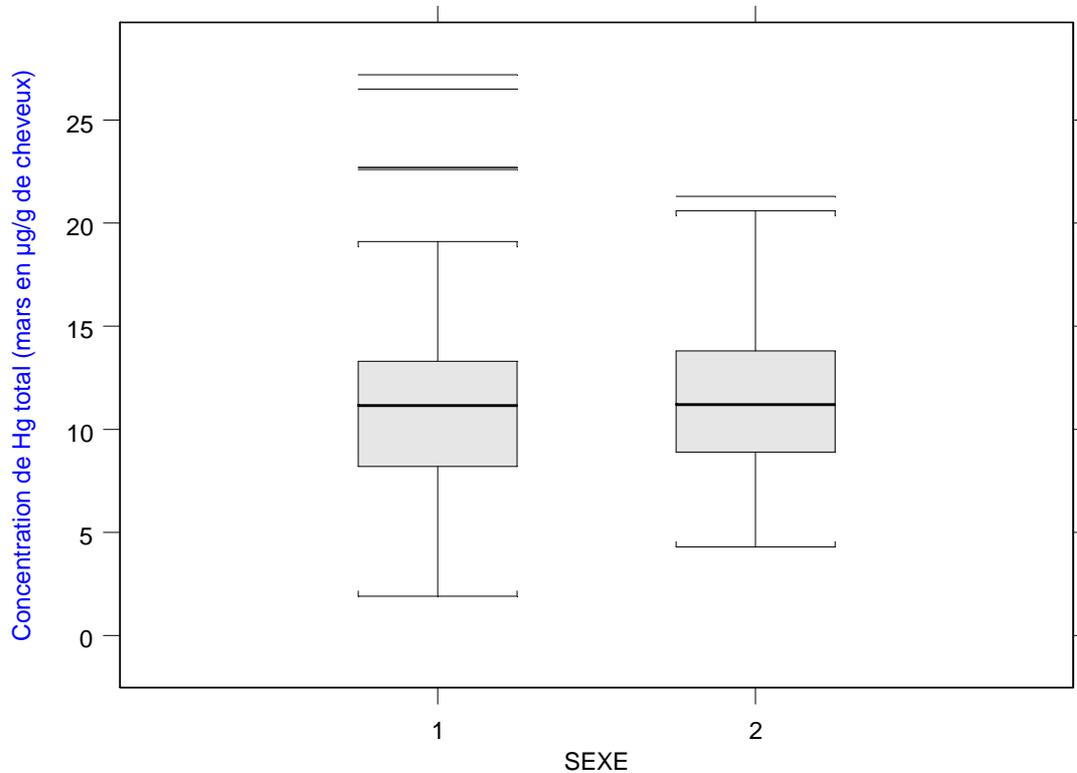
L'étude des variations saisonnières a porté sur un sous-échantillon plus important de 87 personnes prélevées au mois de mars et de novembre pour le dosage de mercure total. Elle montre une bonne corrélation entre les concentrations de mercure aux deux saisons ($r=0,68$, $p<0,001$). La différence de mercure total n'est pas statistiquement différente (test apparié ; alors qu'elle l'est sur le sous-échantillon de $n=27$) bien qu'en moyenne les concentrations de novembre soient d'environ 7 % supérieures à celles de mars ($Hg_{Mars} = 0,712 Hg_{Nov} + 2,83$). Cela pourrait s'expliquer en partie par le fait que les pêches sont plus abondantes les mois précédant novembre (saison sèche).

Facteurs influençant les concentrations de mercure

L'étude des facteurs de variation des concentrations de mercure montre l'influence de l'âge, de la longueur des cheveux, de la corpulence et du lieu de résidence, mais pas celle du sexe.

En effet, la distribution des concentrations de mercure chez les hommes (1) est similaire à celle des femmes (2), comme l'indique la représentation du box-plot où figurent la médiane, le 25^{ème} et le 75^{ème} percentiles ainsi que les valeurs extrêmes. Ceci est également observable avec les moyennes arithmétiques : $m_1=11,3 \mu\text{g/g} \pm 4,5$, $n_1=121$ versus $m_2=11,5 \mu\text{g/g} \pm 3,8$, $n_2=114$, un peu supérieures aux moyennes géométriques ($mg_1=10,5$ et $mg_2=10,9$)

Figure 7. Distribution des concentrations de mercure dans les cheveux des hommes (1) et des femmes (2)

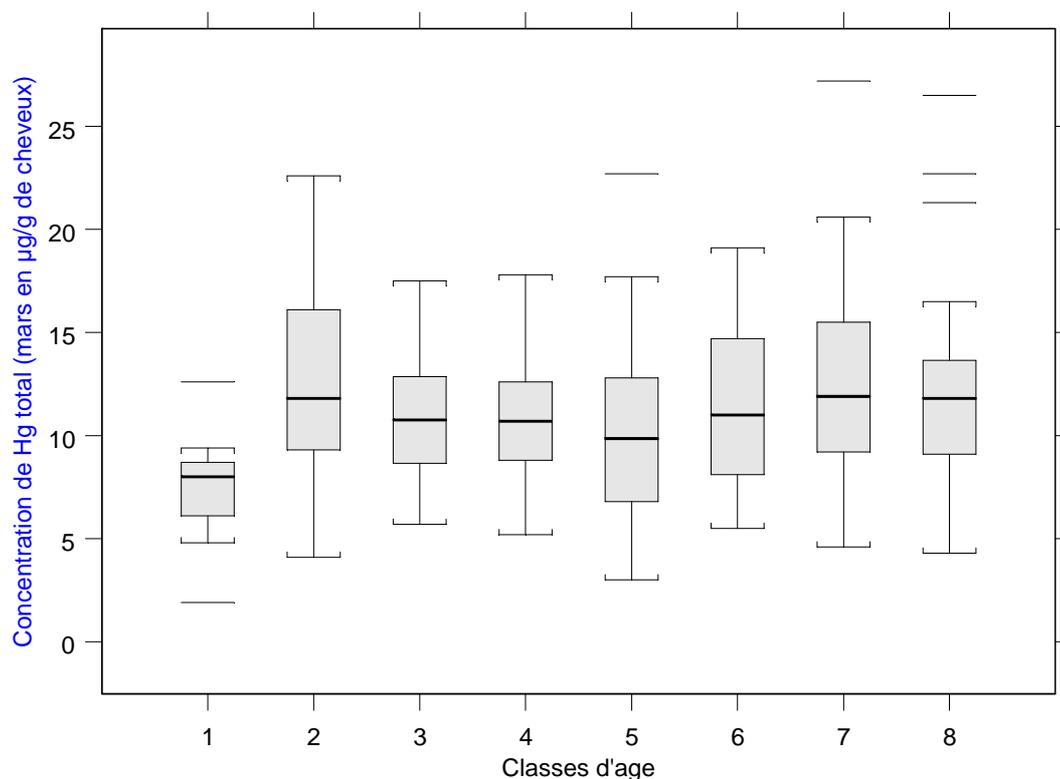


Le pourcentage de sujets dépassant la recommandation de l'OMS est du même ordre dans les différentes classes d'âge, excepté pour les enfants de moins d'un an, bien que l'effectif de cette classe d'âge soit plus faible et donc le pourcentage moins précis.

Tableau 2. Pourcentage de sujets par tranche d'âge dépassant la valeur de mercure recommandée par l'OMS (10 µg/g de cheveux)

Age	≤ à 1 an	1 à 3 ans	3 à 6 ans	6 à 10 ans	10 à 15 ans	15 à 25 ans	25 à 45 ans	> 45 ans
N	(10)	(17)	(20)	(37)	(30)	(44)	(49)	(28)
% Hg>10 µg/g chev.	20	65	55	54	44	56,8	67	67,9

En effet, si on n'observe pas de relation marquée entre les classes d'âge et les concentrations de mercure ($\chi^2_{7ddl}=12,8$, $p=0,07$), la médiane des concentrations est plus faible chez les enfants de moins d'un an, comme l'indique la figure suivante pour les différentes classes d'âge (1 : 1 an ou moins, 2 : 1 à 3 ans (36 mois), 3 : 3 à 6 ans (72 mois), 4 : 6 à 10 ans, 5 : 10 à 15 ans, 6 : 15 à 25 ans, 7 : 25 à 45 ans, 8 : plus de 45 ans).

Figure 8. Distribution du mercure dans les cheveux selon les classes d'âge

Par ailleurs, la distribution de mercure des enfants wayana de moins d'un an est déjà bien au delà de celle des habitants de Guyane non amérindiens, puisque les différentes concentrations se situent presque toutes au delà de 5 µg/g.

Comme l'indique la figure 9, les concentrations de mercure sont corrélées légèrement mais significativement à la corpulence ($\text{Poids}/(\text{Taille})^2$) : $r=0,18$, $p<0,01$.

Les concentrations dans les cheveux sont également légèrement corrélées à la longueur du prélèvement de cheveux ($r=0,13$, $p<0,05$).

On observe des différences selon les sites d'étude. A Cayodé, village situé sur le Tampoc, les concentrations de mercure des habitants sont légèrement supérieures à celles des habitants situés plus en amont le long du fleuve Maroni ($m_c=12 \mu\text{g/g} \pm 3,5$), à Twenké-Taluhen ($m_T=11,1 \mu\text{g/g} \pm 4,2$) et Antécume-Pata ($m_A=11,2 \mu\text{g/g} \pm 4,9$, cf. figure 10). La moyenne des concentrations de mercure de ce village reste statistiquement plus élevée que les autres même après la prise en compte de l'âge, de la longueur de cheveux et de la corpulence ($p<0,05$). Rappelons que les activités d'orpaillage s'exercent essentiellement dans la zone de Cayodé.

Figure 9. Corrélation entre la corpulence et la concentration de mercure dans les cheveux

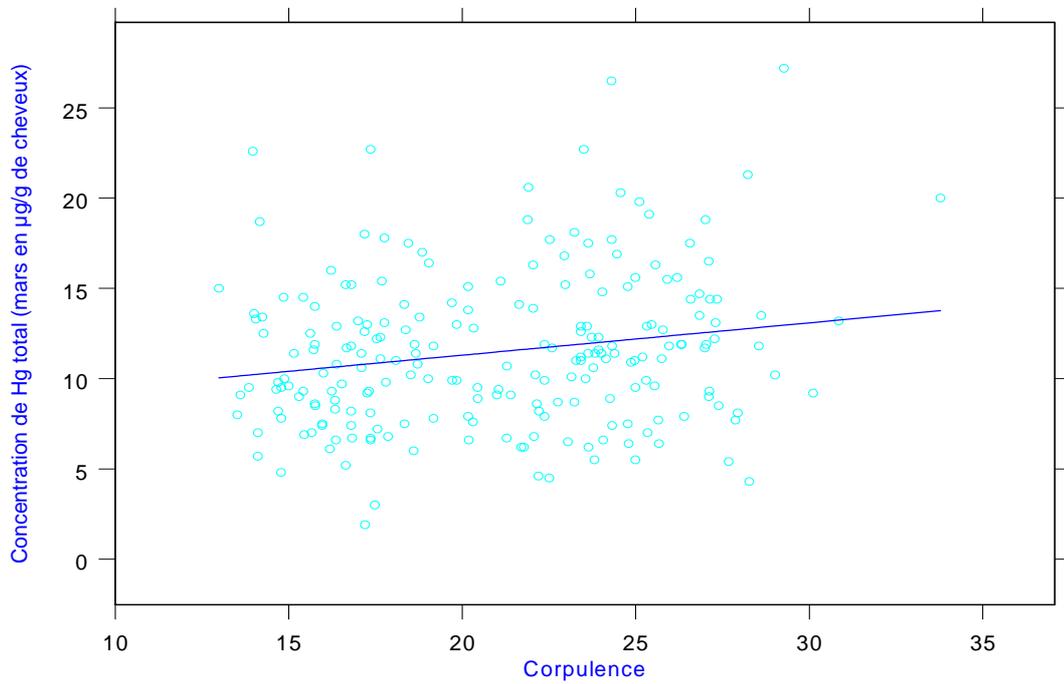
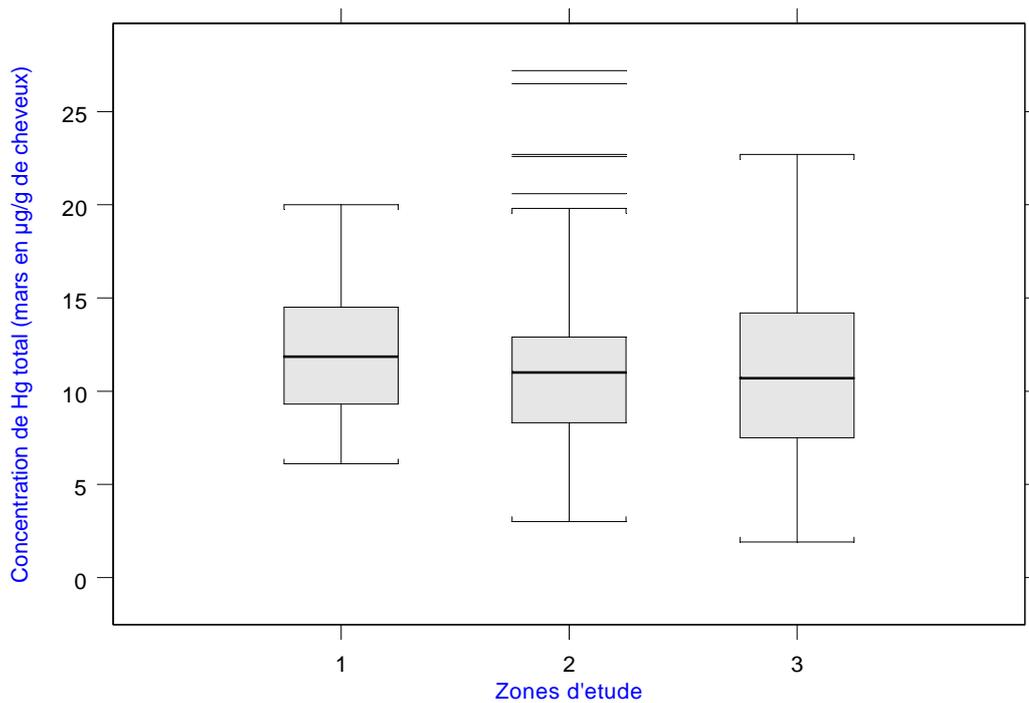


Figure 10. Distribution du mercure dans les cheveux à Cayodé (1, n=58), Twenké-Taluhen (2, n=135) et Antécume-Pata (3, n=42)



IV.2.2. Mercure dans le lait maternel

Trois prélèvements de lait maternel effectués auprès de mères allaitant leur enfant indiquent des concentrations égales à 2,4, 2,2 et 3 ng Hg/g (mercure total), ce qui représente des valeurs assez élevées en comparaison à les niveaux de base (cf. discussion).

IV.2.3. Mercure dans les poissons

La croissance des poissons semble homogène sur les 3 sites d'étude. En effet, les données biométriques collectées sur l'ensemble des poissons mettent en évidence une bonne relation entre le poids et la longueur des individus, similaire pour la quasi-totalité des espèces (cf. figure 6 par exemple) et ceci n'est pas modifié significativement selon les sites de capture (Antécume-Pata, Twenké-Taluhen, et Cayodé).

Les corrélogrammes entre les données biométriques, notamment le poids frais total des poissons, et les concentrations du mercure total dans le muscle mettent en évidence :

- pour la majorité des espèces, une absence de corrélation significative entre ces variables ; la concentration du Hg dans le muscle est très peu influencée par le poids des poissons, dans les gammes de poids étudiées, tels que *Doras micropoeus*, *Pseudoancistrus barbatus* ou *Myleus rubripinnis*. Il n'y a pas de petits organismes prélevés, de type alevin, les poissons consommés par les amérindiens ayant tous une taille "raisonnable", en accord avec les lots d'individus étudiés pour la bioaccumulation du mercure.
- pour les poissons carnivores situés en fin de chaîne trophique, type *Cynodon gibbus* ou *Hoplias aimara* (cf. figure 12), l'observation des nuages de points montre une tendance d'accroissement des concentrations du mercure dans le muscle avec le poids (et donc l'âge). Il est important de souligner que la détermination de l'âge des poissons tropicaux est délicate, compte-tenu de l'absence de variations marquées entre les saisons (impossibilité d'utilisation des stries sur les écailles par exemple).

L'étude comparative des teneurs en mercure entre les 3 sites n'est possible qu'avec l'espèce *Pseudoancistrus barbatus* (Pèle), pour laquelle 45 poissons ont été capturés (dont 37 avec poids > 45g) assez bien répartis sur les différents sites. Elle indique que les moyennes des concentrations en Hg dans les muscles sont significativement différentes et plus élevées à Cayodé: Cayodé, 163 ng Hg/g de poids sec > Antécume-Pata, 132 ng Hg/g > Twenké, 109 ng/g (différences significatives après analyse de variance et test de Newman-Keuls, $p < 0,05$).

Les concentrations moyennes de mercure dans les muscles de 274 échantillons de poissons (exprimées en ng/g ou µg/kg de poids frais - ppb) sont présentées dans le tableau 3 pour les différentes espèces avec la dénomination wayana et latine correspondante.

Habituellement, les concentrations de mercure dans les poissons de rivière non polluée se situent entre 10 ng/g de poids frais chez les espèces herbivores à vie courte et 200 ng/g de poids frais chez les grands carnivores (Lacerda 1998).

Dans cette étude, on note des concentrations assez élevées pour les espèces dénommées en wayana : Mitala, Haïkané, Aïmara, Huluwi et le grand Piraïe, qui sont toutes carnivores. Les concentrations maximales rencontrées parmi ces espèces sont respectivement de 1026, 1634, 1222, 940 et 545 ng/g ($1 \text{ ng/g} = 10^{-3} \text{ µg/g} = 10^{-3} \text{ mg/kg}$ – concentrations exprimées par rapport au poids frais des échantillons – rapport moyen pds frais/pds sec = 5).

Rappelons à titre indicatif que la norme réglementaire au niveau international se situe généralement à 0,5 mg/kg (poids frais) ; si ce chiffre est retenu en France pour la majorité des poissons, la norme est fixée à 1 mg/kg pour les espèces carnivores. Ces résultats sont similaires à ceux observés sur d'autres sites miniers dans le monde, mais en deçà des pollutions massives rencontrées au Brésil (cf. annexe 2).

Figure 11. Relation entre le poids et la longueur chez 3 espèces de poissons :
(*aimara*, *cynodon*, *myleus* (données LEESA/97))

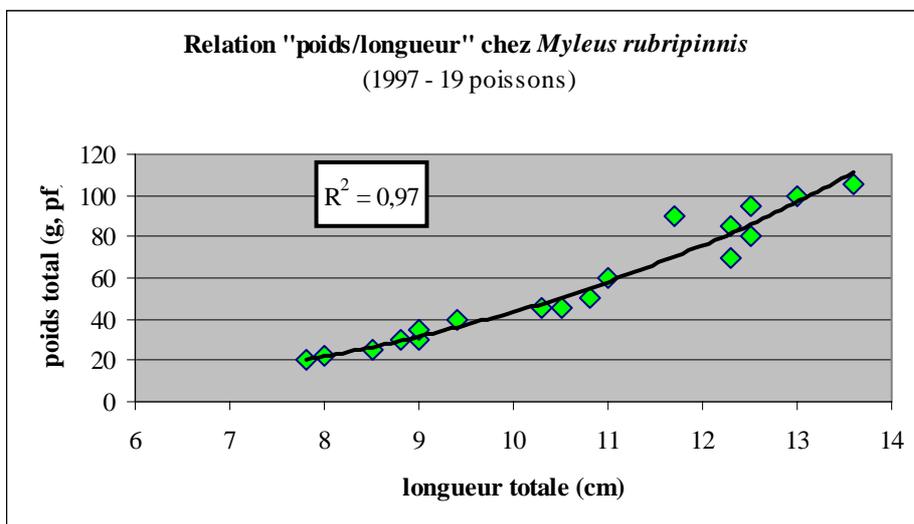
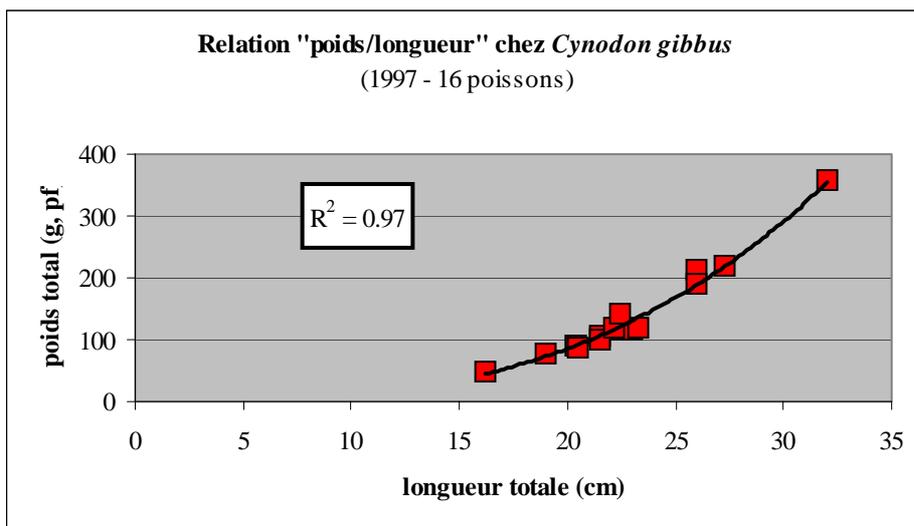
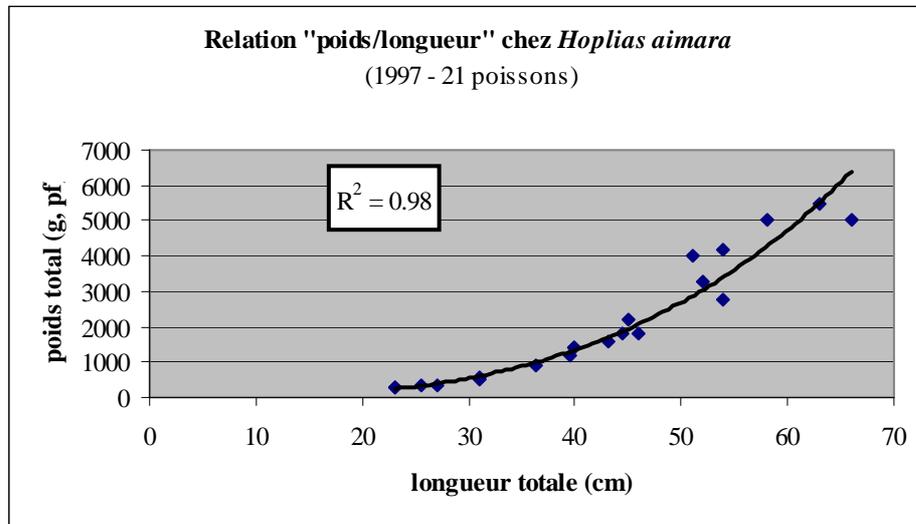


Figure 12. Relation entre le poids et la concentration de mercure dans le muscle chez 3 espèces de poissons : aimara, cynodon, myleus (données LEESA/97)

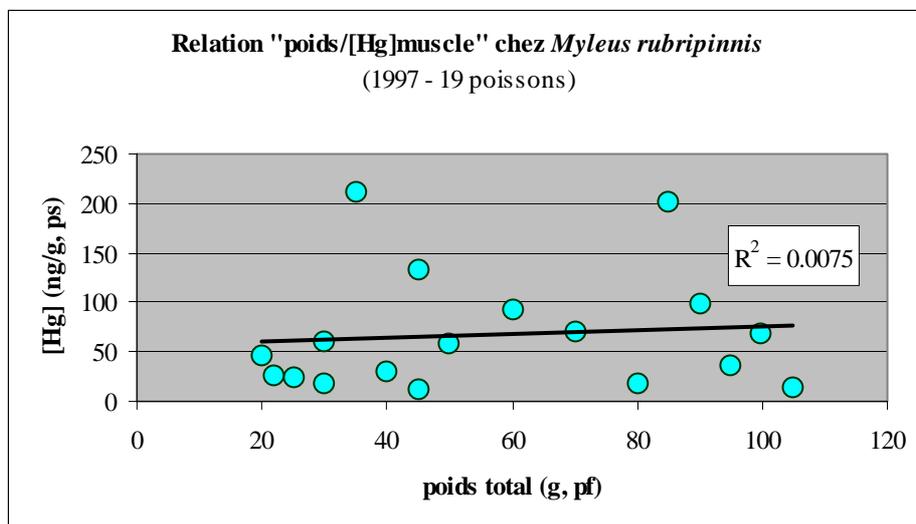
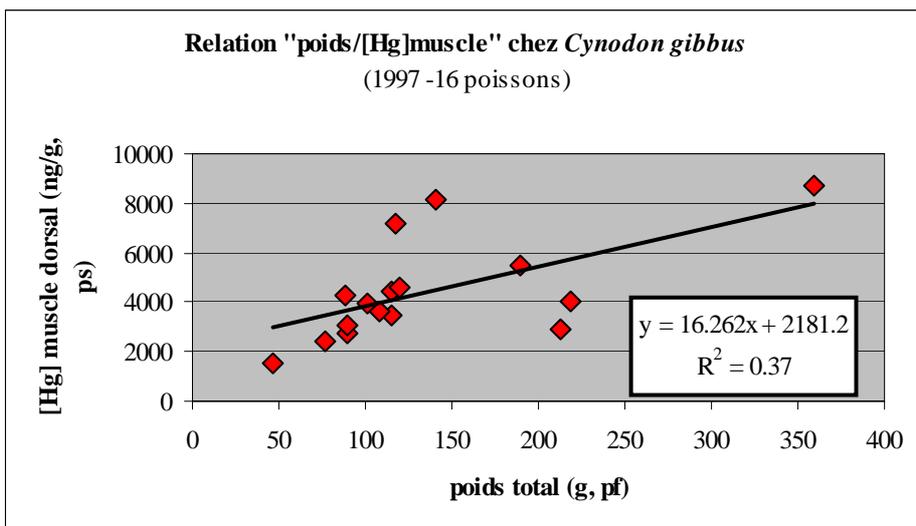
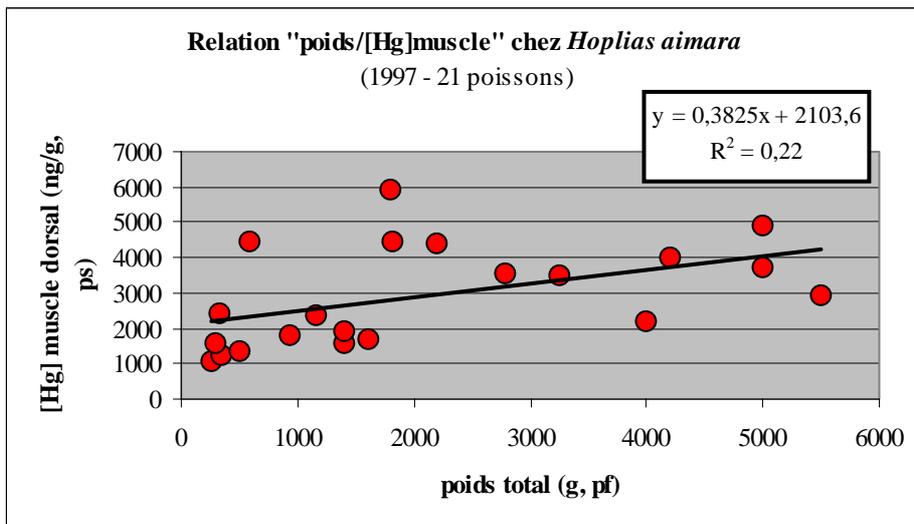


Tableau 3. Concentrations en mercure total dans les muscles de poissons du Haut Maroni (Guyane 1997)

Ordre	famille	nom latin	nom wayana	Mercure		
				moyenne conc Pds frais ng/g	écart type	nomb. d'ind.
Siluriformes	Ageneiosidae	<i>ageneiosus brevifilis</i>	Mitala	528	266	8
Characiformes	Anastomidae	<i>leporinus maculatus</i>	Halanaé, Kalanalé	63	7	2
	Anastomidae	<i>leporinus friderici</i>	Talani	126	84	3
	Anastomidae	<i>leporinus fasciatus</i>	Ciaomouné	305	85	3
	Anastomidae	<i>leporinus leballi cf. despaxi</i>	Walak	173		1
Characiformes	Characidae	<i>brycon pesu</i>	Enké=entke	124	70	6
	Characidae	<i>brycon falcatu</i>	Molokoïme	43	-	1
	Characidae	<i>cynodon aff.gibbus</i>	Haïkané	881	408	16
	Characidae	<i>astyanax, moenkhausia</i>	Otululu, opi, yaya, kalala, kalakalali	208	83	5
	Characidae	<i>triportheus rotundatus</i>	Kampuluka	108	-	1
	Characidae	<i>bryconops (affinis)</i>	Wivi	54	13	4
	Characidae	<i>charax pauciradiatus et cynopotamus essequibensis</i>	Elémaké, Olémaké****	288	105	2
Perciformes	Cichlidae	<i>aequidens maroni et geophagus surinamensis</i>	Awalipa	77	58	9
	Cichlidae	<i>guianacara owroefi</i>	Pakilali	77	58	9
	Cichlidae	<i>geophagus harreri</i>	Hawa Hawa	51	-	1
	Cichlidae	<i>cichla ocellaris</i>	Matawalé	30	2	2
	Cichlidae	<i>crenicichla saxatilis</i>	Kolopimpé	143	-	1
Characiformes	Curimatidae	<i>semaprochilodus varii</i>	Alumasi	80	16	9
	Curimatidae	<i>prochilodus reticulata</i>	Kulumata	86	19	4
	Curimatidae	<i>curimata cyprinoides</i>	Pohaké	60	8	3
Siluriformes	Doradidae	<i>doras micropeus ou macropeus</i>	Agonosu	233	64	18
	Doradidae	<i>platydoras costatus</i>	Hoké	104	41	11
Gymnotiformes	Electrophoridae	<i>electrophorus electricus</i>	Anguille	99	-	1
Characiformes	Erythrinidae	<i>hoplias aymara</i>	Aïmara (2 conc. Diff selon poids)	582	281	21
			<1700g	391	185	
			>=1700g	793	209	
Characiformes	Hemiodidae	<i>bivibranchia bimaculata</i>	Opui cf Opui *	50	48	6
	Hemiodidae	<i>hemiodus unimaculatus</i>	Epui cf Opui *	50	48	6
	Hemiodidae	<i>hemiodoptis huraulti</i>	Walé Walé	103	60	3
Siluriformes	Loricariidae	<i>pseudancistrus barbatus</i>	Pêle	31	11	45
	Loricariidae	<i>hypostomus plecostomus</i>	Kawawa	35	20	2
	Loricariidae	<i>loricaria sp</i>	Lapipi, poisson roche	13	1	2
	Loricariidae	<i>hemiancistrus medians</i>	Mili	30	8	7
Siluriformes	Pimelodidae	<i>pseudoplatystoma fasciatum</i>	Huluwi	940	-	1
	Pimelodidae	<i>pimelodila gracilis?</i>	Kasibë, Kawayéma	56	17	5
	Pimelodidae	<i>pimelodus ornatus?</i>	Liku	368		1
Rajiformes	potamotrygoninae	<i>potamotrygon hystrix</i>	Sipali = Raie	190	94	6
Gymnotiformes	Ramphichthyidae	<i>rhampichthys rostratus ou hypopomus artedi</i>	Mapalaime*****	222	149	2
Perciformes	Sciaenidae	<i>K:pachypops furcraeus, M: plagioscion</i>	Kupi, Masao	74	-	1
Characiformes	Serrasalmidae	<i>serrasalmus humeralis et striolatus</i>	Piraïe-Pene (ptt <100g)**	81	48	16
	Serrasalmidae	<i>serrasalmus rhombeus</i>	Piraïe-Pene (grand)	374	200	3
	Serrasalmidae	<i>myleus rhomboidalis (devenu tometes)</i>	Coumarou, Watau	21	24	7
	Serrasalmidae	<i>myleus pacu (devenu m. rhomboidalis)</i>	Asitao, Astao, Pacu***	21	24	7
	Serrasalmidae	<i>myleus rubripinnis</i>	Pasina	13	12	19
	Serrasalmidae	<i>acnodon oligacanthus</i>	Laku	10	5	10
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>sternopygus macrurus</i>	Mitoë-Miwa-Itoi, Mapala	222	149	2

ND : non dosé

* en raison de l'incertitude des prononciations de opui ou epui la moyenne Hg a été calculée à partir des 2

**pene petit : Moyenne de mercure de *S. humeralis* et *S. striolatus* car pas de distinction par les Wayana

***pas de prélèvement, donc assimilé au coumarou car très semblable et peu de Hg

****elemaké dans les criques=*Charax pauciradiatus* et elemaké dans les rivières=*Cynopotamus essequibensis* ;

mais pas de différence du nom wayana et seul le charax a été prélevé

***** mapala (gymnotiforme) sans prélèvement a été assimilé en Hg à mitoï (gymnotiforme)

IV.2.4. Mercure dans les gibiers

Comme l'indique le tableau 5 répertoriant les animaux présents dans la forêt guyanaise qui nous a été communiqué par Mr Coste, instituteur à Taluhen, la diversité de la faune est très importante, si bien que les quelques gibiers que nous avons pu observer lors de l'étude sont vraisemblablement peu représentatifs des variétés consommées.

Néanmoins, sous réserve de confirmation, il semblerait que les gibiers les plus consommés par la population soient les suivants :

cochon bois (sorte de sanglier), pécarì, rongeurs (pac, agouti), biche, tapir, singes (atèle, macaque, hurleur), volaille (poulet, pigeon, toucan, agami, perdrix, pintade, oko, akawak), mouton paresseux, tatou, caïman, tortue terrestre, iguane, lézard.

Les serpents et le tamanoir ne sont apparemment pas consommés.

Parmi les différents gibiers consommés par les Wayana, 12 prélèvements ont pu être réalisés sur quelques gibiers, pour déterminer leur teneur en mercure total. Les résultats indiquent des concentrations très faibles.

Tableau 4. Concentrations en mercure total dans le muscle de gibiers du Haut Maroni

Gibier	Poids	Nb d'individus	Teneur en Hg ng/g poids frais (= ppb)
Biche	NC*	1	< 10 ng/g
Cochon bois	31 kg, 19 kg, NC	3	< 10 ng/g
Pac	adulte	1	idem
Paresseux	7 kg	1	idem
Singe : 2 atèles, 1 macaque, 1 hurleur	tous d'environ 4,5 kg	4	< 10 ng/g et 1 individu à 150 ng/g
Tatou	11,5 et 12 kg	2	150 ng/g

* NC : poids non communiqué

Vu la faible représentativité des gibiers de l'enquête au cours de la période d'enquête, la difficulté logistique à bien évaluer la quantité de gibier consommée chez tous les consommateurs et les faibles teneurs de mercure constatées le plus souvent, il a été décidé de négliger l'apport de mercure par les gibiers et d'orienter l'enquête alimentaire davantage sur la consommation de poissons.

Néanmoins, il apparaît nécessaire de poursuivre une campagne de dosage afin de disposer de données sur un nombre plus important d'espèce, telle que le caïman qui est un prédateur majeur.

Tableau 5. Les animaux de la forêt (source : Mr G. Coste)

Noms français	Noms wayanas	Noms français	Noms wayanas
MAMMIFERES		OISEAUX	
Acouchi	Pasi	Agami	Mamhali
Agouti	Akuli	Aigrette neigeuse	Makalaimë
Aï (paresseux)	Ili	Amazone aourou	Kulaikulai
Cabiai	Kapiwala	Ara bleu	Alalawa
Capucin	Meku	Ara chloroptère	Kujali
Chauves-souris	Lele	Ara noble	Alakakai
Chien-bois	Awijowijo	Ara rouge	Kunolo
Coati	Sijeu	Ara vert	Malakana
Coendou	Alu	Araçari à cou noir	Kisi
Daguet gris	Kalejak	Araçari vert	Palawana
Daguet rouge	Kapau	Butor mirasol	Onole
Ecureuil	Meli	Cacique cul jaune	Pajagua
Jaguar	Ihtaino	Caïque Maïpouri	Kijekije
Jaguarondi	Alatale	Chevalier	Waipipi
Kinkajou	KuiKui	Colibris	Tukui
Loutre de Guyane	Jukini	Conure pavouane	Akseu
Loutre géante	Awawa	Harpie féroce	Pija
Ocelot	Malakaja	Hocco	Ewok
Opossum	Awaleimë	Marail	Akawak
Pac	Kulimau	Martin-pêcheur	Atula
Pécari à collier	Pakila	Onoré	Toli
Pécari à lèvres. bl.	Pëinëkë	Perruche versic.	Palutete
Puma	Apuweika	Pione à tête bleue	Kulikuli
Saki à face pâle	Kusili	Toucan ariel	Kijapok
Saki noir	Isoimë	Toucan de Curvi	Kiliw
Singe atèle	Alimi	Toui à ailes j.	Alahpa
Singe écureuil	Kuwanam	Toui para	Pilisi
Singe-hurleur	Alawata	Tyran de Cayenne	Jotsupi
Souris	Munpë	Tyran féroce	Silipipi
Tamandou	Walisipsik	Urubu noir	Aula
Tamanoir	Walisimë	Vautour pape	Kulum
Tamarin	Makui		
Tapir	Maipuli	INVERTEBRES	
Tatou	Lahpo	Araignée	Alahak
Tatou 9 bandes	Kapasi	Blatte	Kumapi
Tatou géant	Mëlaimë	Bourdon	Pëmu
Tayra	Këlëpukë	Bousier	Simalaimë
Unau (paresseux)	Alokole	Bupretre	Sili
		Escargot	Kuwele
REPTILES		Iule	Kijawaïlikii
Anaconda	Ekëijumë	Libellule	Pilimok
Boa constricteur	Walamali	Mante religieuse	Pilikaputpë
Boa émeraude	Holoho	Moustique	Mëhak
Caïman à front	Kulu	Mygale	Kunkusimënë
Caïman à lunettes	Aliwe	Papillon	Pijalo
Liane	Alakupi	Punaise	Kupak
Matamata	Kulalawa	Scolopendre	Kumepep
Teju	Hapalaka	Taon	Tulëk
Tortue	Kuliputpë	Termite	Nukë
		Ver luisant	Kukui

IV.3. Enquête alimentaire

IV.3.1. Description des habitudes et comportements alimentaires

Les hommes, les femmes et les enfants ont la même alimentation. Les convives s'assoient autour de la marmite et se servent. L'absence de récipient individuel rend la quantification difficile.

Le repas est à base de poisson ou de viande et se mange avec la galette de manioc. Les poissons sont vidés (pas de consommation du foie habituellement) puis bouillis. Les gros poissons tels que le coumarou ou l'aïmara, sont perçus comme ayant l'avantage de nourrir toute la famille et de faire la fierté du pêcheur lorsque la prise est importante.

On trouve également de la patate douce, mais celle-ci est consommée entre deux repas, comme le sont aussi les fruits qui ne sont pas toujours cultivés, et font plus souvent l'objet de cueillette. L'apport vitaminique se fait surtout grâce à ces fruits pour lesquels on rencontre une grande variété : banane (fruit apparemment le plus consommé), maripa, mangue, orange, wassaï ou pino, paripou, noix de coco, maracuja, korossol, goyave, papaye, melon d'eau. Les fruits ne sont pas généralement consommés au foyer, mais plutôt au fur et à mesure de la cueillette.

En dehors de l'allaitement qui peut être assez long (2 ans), les jeunes enfants et nourrissons reçoivent de la banane mâchée, du poisson mâché ou émietté.

Certains interdits alimentaires peuvent toucher certains membres de la communauté pendant une période de la vie. Ainsi, il existe a) des interdits culturels programmés (pendant la grossesse, après l'accouchement, l'allaitement, au moment et après une initiation, du deuil) et b) des interdits personnels non programmés (interdiction de manger tel aliment). Ces interdits peuvent durer quelques semaines, mois, ou même années.

IV.3.2. Description anthropométrique de la population

Bien que cette enquête ait pour objectif principal d'évaluer l'apport alimentaire de mercure, il apparaissait important de pouvoir décrire l'état nutritionnel global de cette population.

Les causes du retard de croissance sont multiples et interagissent de façon complexe. Les deux causes principales sont : 1) une alimentation insuffisante en qualité, et parfois même en quantité, et 2) des infections virales, bactériennes et parasitaires multiples et répétées dues notamment au manque d'hygiène, à la promiscuité et à de possibles intoxications.

Caractéristiques anthropométriques des nouveau-nés

Les critères retenus pour apprécier le développement staturopondéral des enfants à la naissance sont les mesures anthropométriques classiques relevées par le clinicien et reportées dans le carnet de santé, c'est à dire le poids, la taille, les périmètres crânien et thoracique.

Les caractéristiques staturopondérales à la naissance de 15 nourrissons (4 filles et 11 garçons) rencontrés lors de l'enquête et disposant d'un carnet de santé sont décrites dans le tableau suivant. L'âge gestationnel de ces enfants (établi par échographie en général) était au moins égal à 38 semaines hormis deux enfants d'âge gestationnel de 36 semaines.

Bien que l'échantillon d'enfants soit faible, il n'y a pas eu de sélection particulière. On peut envisager raisonnablement qu'il est assez représentatif des nouveau-nés wayanas.

Il apparaît que les caractéristiques anthropométriques à la naissance sont un peu faibles.

Tableau 6. Caractéristiques staturopondérales des nouveau-nés

Caractéristiques	Moyenne*	Ecart-type	Minimum	Maximum	Moyenne ** Référence
Poids (g)	2895	298	2360	3410	3268
Taille (cm)	48	2	45	51	49,5
Périmètre crânien (cm)	33,5	1,3	32	36	35,1
Périmètre thoracique (cm)	31,9	1,7	29	34	33,5

* : le poids de naissance moyen est de 2962 g chez les enfants d'âge gestationnel \geq 38 sem.

** : Enquête chez 200 nouveau-nés de la région parisienne (cf. Fréry 1993)

Caractéristiques anthropométriques des enfants

Des courbes de taille (fig. 13), du poids (fig. 14) et du rapport poids/taille (fig. 15) à un âge donné ont été établies par rapport à la référence internationale NCHS (National Centers for Health Statistics, large échantillon d'enfants américains en bonne santé) de même âge et sexe. Elles portent sur 136 enfants de plus d'un an et de moins de 10 ans pour les filles (n=52), de moins de 11,5 ans pour les garçons (n=84), afin de respecter les contraintes du logiciel Epinut.

Elles indiquent nettement que les enfants sont de petite taille pour leur âge, mais bien proportionnés.

En effet, 21,3% des garçons et 16% des filles ont une taille qui se situe en dessous de la limite inférieure de - 2 z-scores. Or, l'indicateur de la taille à un âge donné reflète plus le passé nutritionnel de l'enfant que son statut nutritionnel actuel ; il décrit ainsi surtout des problèmes de malnutrition chronique ou d'éventuels infections multiples et répétées dans le passé. La question du poids de la génétique sera discutée ultérieurement.

L'indicateur du poids/taille qui traduit surtout la présence de malnutrition aiguë, n'indique pas de problème de ce type au sein de la population d'étude (fig. 15).

Figure 13. Taille/Age z-scores des enfants

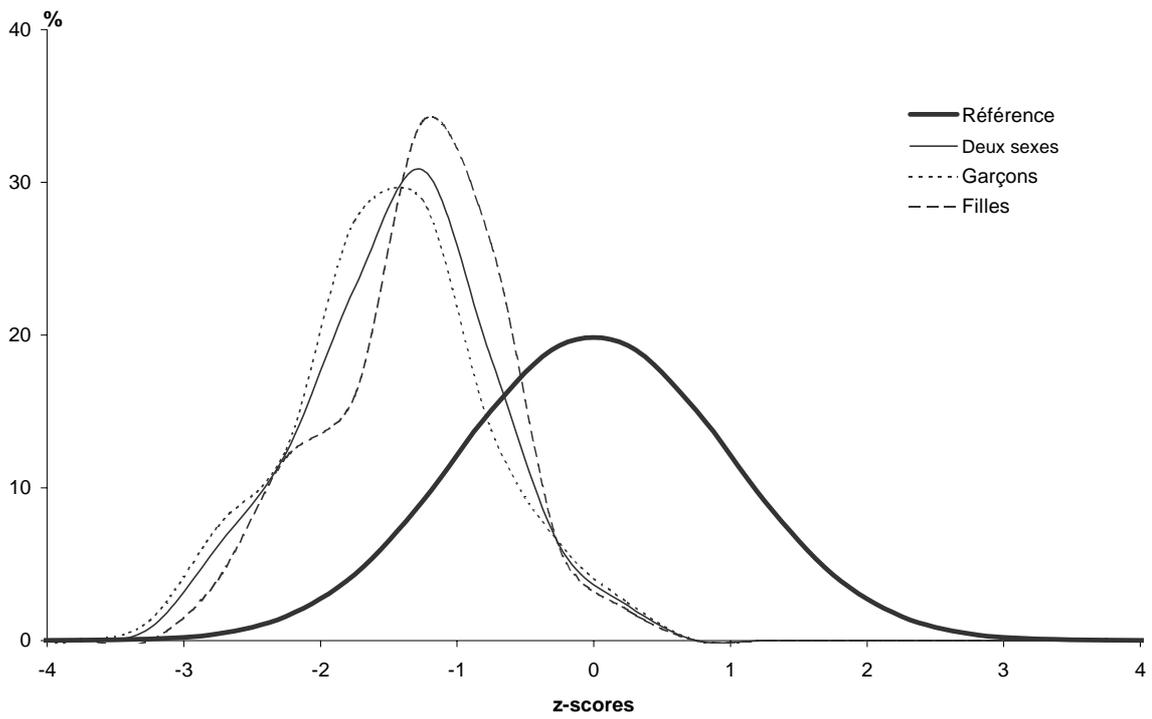


Figure 14. Poids/Age z-scores des enfants

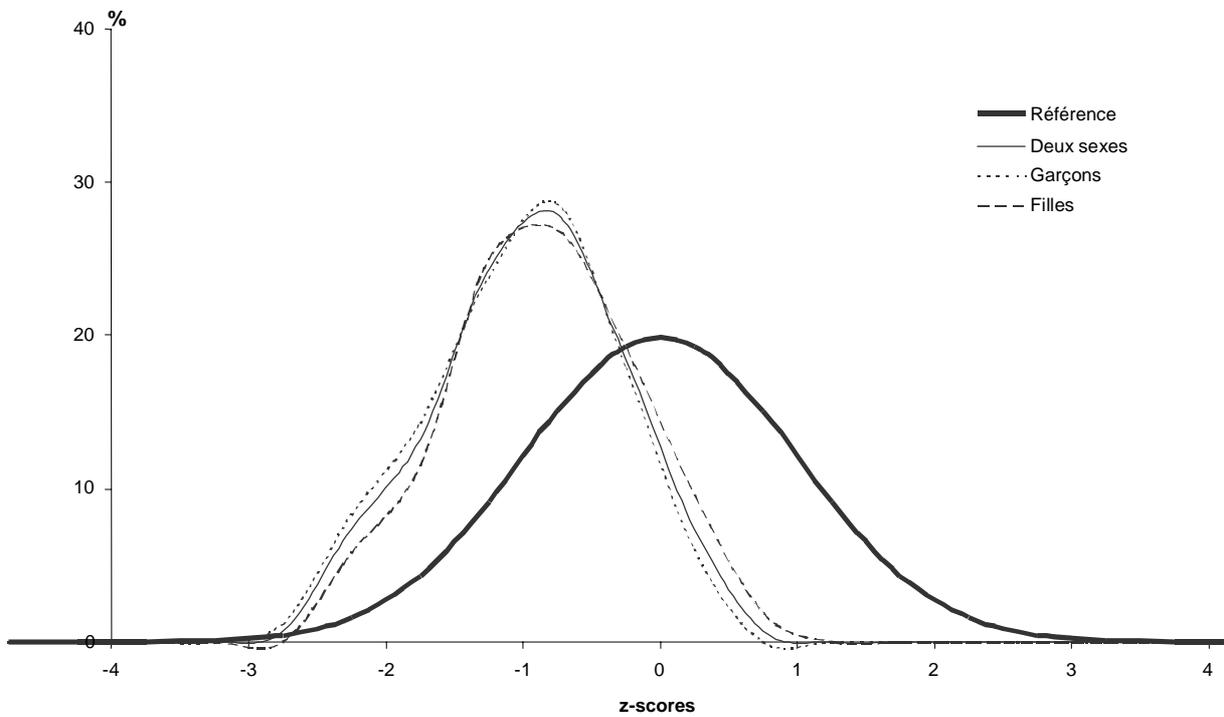
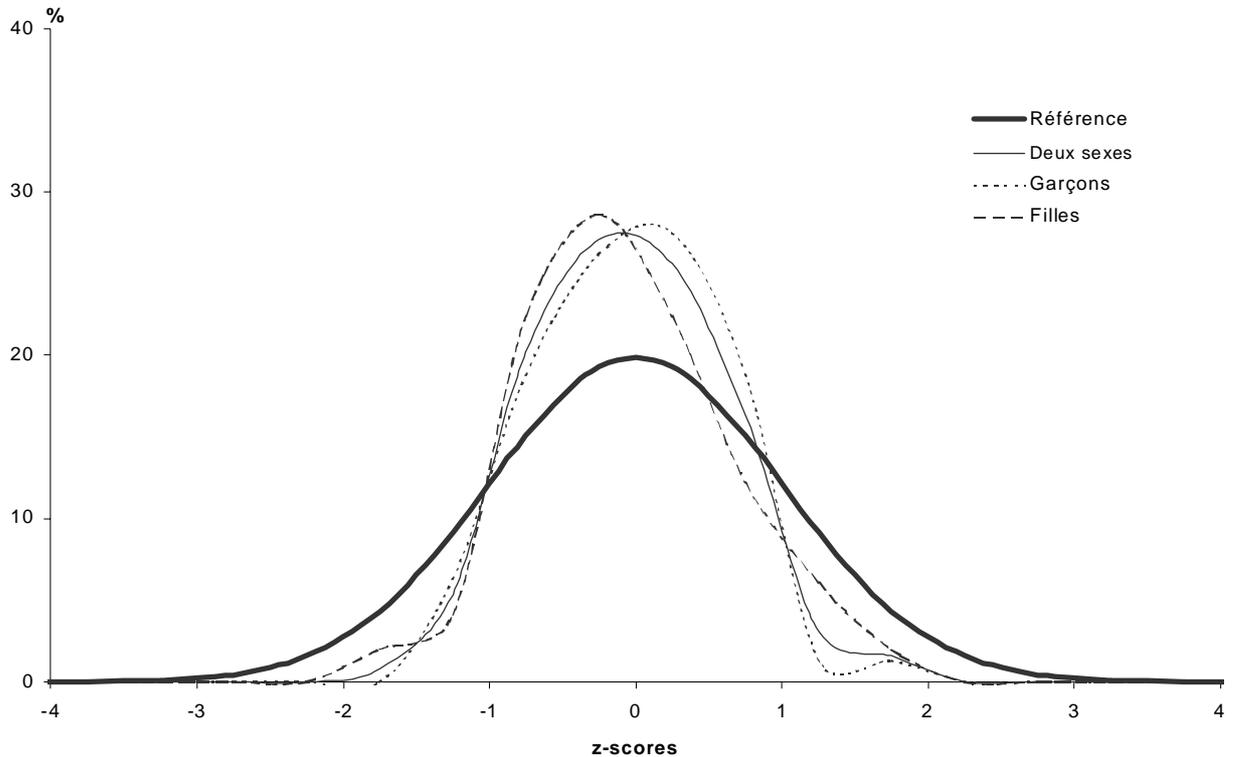


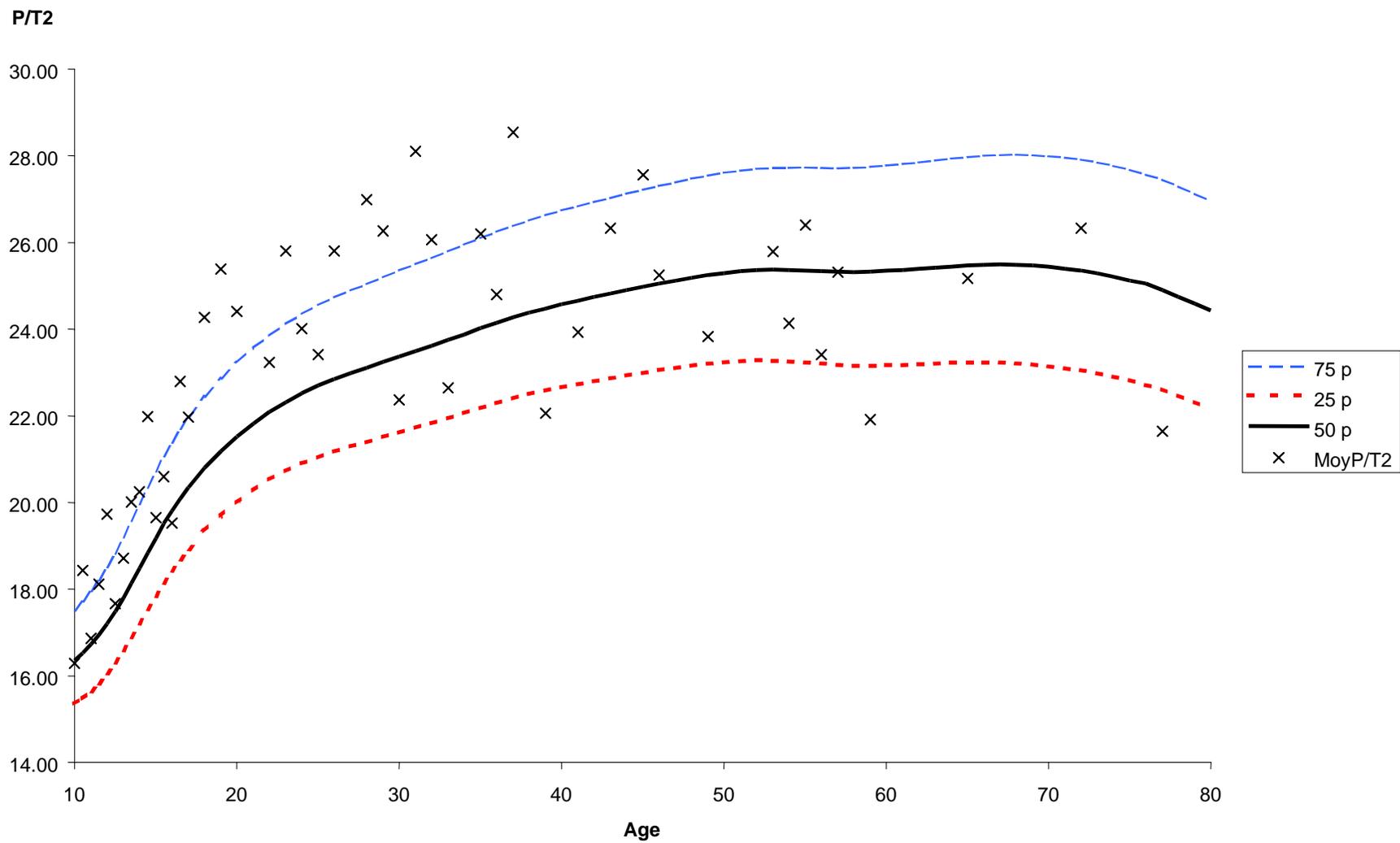
Figure 15. Poids/Taille z-scores des enfants

Caractéristiques anthropométriques des adolescents et des adultes

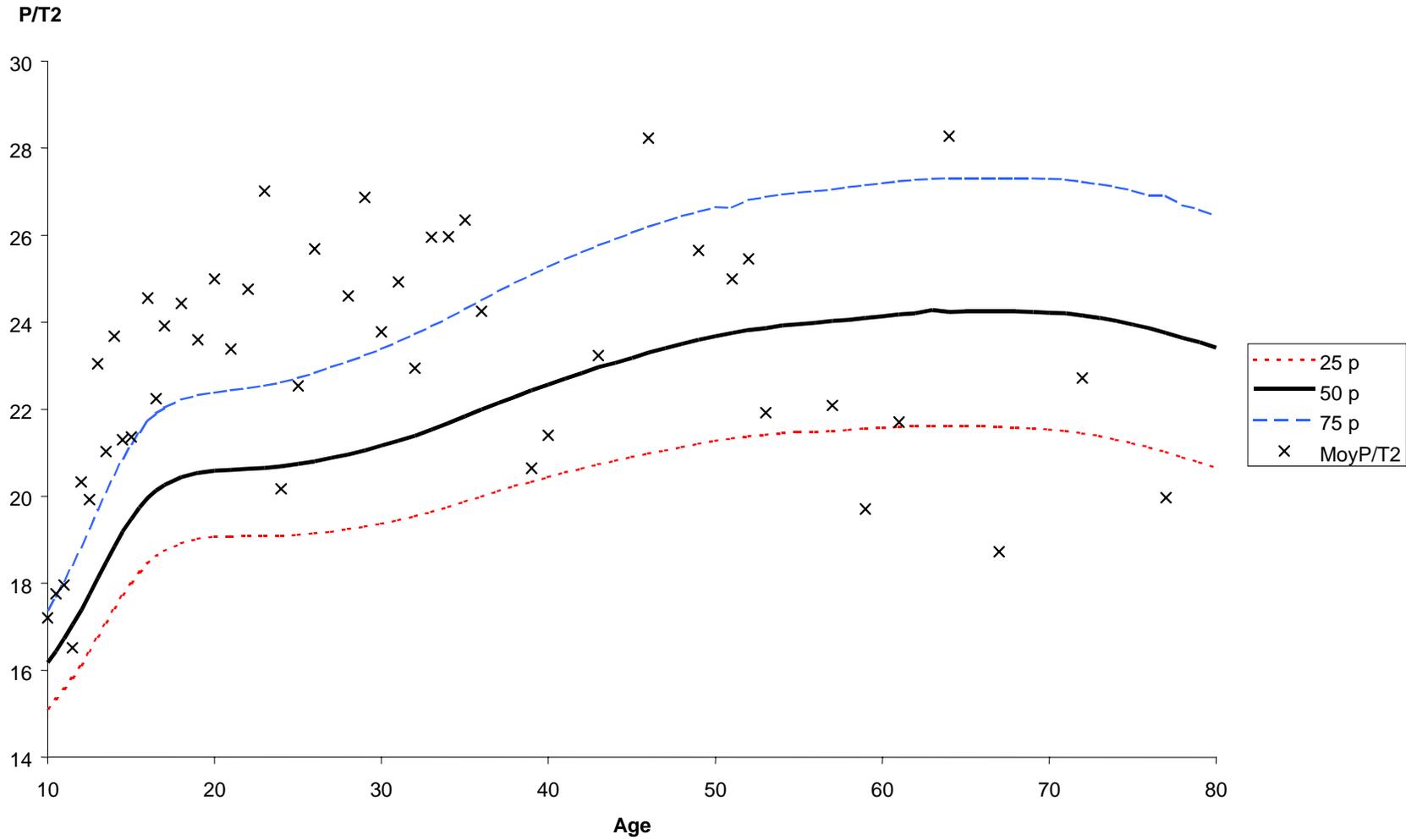
L'observation de la petite taille constatée chez les enfants reste vraie pour les adultes (au moins 16 ans). Ainsi dans notre échantillon, la taille de 1,60 mètre n'est atteinte que pour 38 % des hommes et aucune femme. Par ailleurs, 25 % d'entre elles dépassent 1,50 mètre.

Les données de corpulence de cette population, exprimées par l'index poids/(taille)², comparées à des courbes de références françaises (Médiane : 50^{ème} percentile, 25^{ème} et 75^{ème} percentile) indiquent une corpulence assez forte à l'adolescence et l'âge adulte, avec une baisse chez les personnes plus âgées (figures 16 et 17).

Figure 16. Corpulence des hommes en fonction d'un standard français
(50p = Médiane, 25p = 25^{ème} percentile, 75p = 75^{ème} percentile)



**Figure 17. Corpulence des femmes selon un standard français
(50p = Médiane, 25p = 25^{ème} percentile, 75p = 75^{ème} percentile)**



IV.3.3. Consommation moyenne de poissons et/ou viande par tranche d'âge

Les consommations quotidiennes moyennes par tranche d'âge ont été établies à partir de 227 relevés individuels au cours des deux périodes. L'apport alimentaire chez l'homme et la femme ne s'étant révélé quantitativement différent qu'après la puberté, la distinction Homme/Femme n'est présentée que pour les tranches d'âge à partir de 15 ans.

Tableau 7. Consommation quotidienne moyenne en gramme de poisson et/ou viande selon l'âge et le sexe

Classes d'âge	n	moyenne	écart-type
≤ 1 an	5	20	9
1 à 3 ans (3 exclus)	14	47	18
3 à 6 ans (6 inclus)	27	116	69
7 à 10 ans (10 inclus)	34	173	79
11 à 14 ans (14 inclus)	29	195	110
15 à 25 ans (25 inclus)	36	282	171
dont * Hommes	16	307	185
* Femmes	20	262	161
26 à 45 ans (45 inclus)	54	317	175
dont * Hommes	27	372	193
* Femmes	27	262	138
plus de 45 ans	28	155	144
dont * Hommes	19	162	158
* Femmes	9	140	116

En période d'abondance, les quantités consommées quotidiennement de poissons et/ou de viande peuvent être très élevées (plus de 600 g chez certains hommes adultes), alors qu'en période de pénurie où ces quantités peuvent être assez faibles, les apports de manioc semblent plus importants afin de permettre un apport calorique suffisant.

IV.3.4. Relevés de pêche

Chez les wayana, l'apport protéique est essentiellement assuré par le poisson, qui est pêché quotidiennement et plusieurs fois par jour. Les méthodes de pêche utilisent l'hameçon, l'épervier (filet), le harpon, mais également la nivrée, à l'aide d'extraits végétaux (roténone) qui permettent après introduction dans des zones lenticules une capture aisée des poissons. Les espèces rencontrées peuvent être différentes selon la saison (essentiellement entre la grande saison sèche et la grande saison humide). La pêche est pratiquée par les adultes mais aussi par les jeunes à partir d'environ 5 ans.

La chasse est moins fréquente que la pêche (quelques fois à une fois par semaine, voire moins souvent). Il faut parfois partir assez loin pour trouver du gibier.

Les deux périodes d'étude retenues ont été choisies comme pouvant être relativement représentatives du type de pêche rencontrée en période de saison sèche et de saison humide. Les relevés de pêche réalisés au cours de ces deux périodes sur les divers sites permettent d'établir un classement par ordre d'importance des poissons consommés.

Ces relevés sont présentés dans les tableaux 8 et 9 pour les poissons contribuant pour plus de 1% environ de l'apport des relevés de pêche. La distinction entre la quantité de chair réellement consommable et celle du poisson éviscéré (avec arêtes) est indiquée, bien qu'en final la contribution en pourcentage soit peu différente.

Les relevés de pêche portent sur environ 250 kg de poissons éviscérés, équivalents à environ 200 kg de chair consommable. Notons que pour Cayodé, les relevés n'ayant porté que sur de faibles quantités, l'intérêt des résultats concerne surtout le type d'espèces rencontrées, les pourcentages ne sont présentés qu'à titre indicatif pour décrire grossièrement le classement par ordre d'importance.

Les espèces rencontrées en mars sont similaires sur les 3 sites, avec semble-t-il, une plus grande homogénéité entre Twenké et Cayodé, que Twenké et Antécume-Pata, vis à vis des espèces les plus fréquentes.

On constate des différences importantes sur la fréquence des espèces présentes en mars et novembre ; par exemple, à Twenké, le kulumata très fréquent au mois de mars est absent au mois de novembre. On observe le phénomène inverse pour l'agonosu.

Les tableaux 10, 10bis et 10ter résument sur l'ensemble de la période d'étude les relevés de consommation effectués sur les pêches des mois de mars et novembre à Antécume-Pata, Twenké-Taluhen et Cayodé et indiquent la contribution de chaque espèce en terme de quantités de chair et de mercure.

Ainsi, les deux poissons les plus consommés en quantité sont le coumarou et l'agonosu. Viennent ensuite des poissons carnivores (excepté le hoké) tels que l'aïmara, le kulumata, l'huluwi, le piraïe et le mitala.

Le coumarou, qui est l'espèce la plus consommée, contient très peu de mercure.

L'haïkané, poisson carnivore pour lequel on a rencontré les plus fortes teneurs en mercure, est quant à lui, assez peu consommé.

L'huluwi et le mitala, surtout consommés au mois de mars, contribuent de façon importante à l'apport en mercure. L'huluwi peut atteindre un poids élevé (facilement 12 kg). Il s'avère cependant nécessaire de confirmer ce dosage sur d'autres prélèvements.

Nous confirmons les teneurs élevées en mercure de l'aïmara, et constatons qu'il contribue de façon notable à la contamination de la population.

Le grand piraïe, également à forte teneur en mercure contribue dans une moindre mesure à l'apport de mercure.

Tableau 8. Relevés de pêche effectués au mois de mars à Antécume-Pata, Twenké-Taluhen et Cayodé

Classement par ordre d'importance de chair de poisson pour les 16 espèces les plus fréquentes

Antécume-Pata			Twenké - Taluhen			Cayodé		
poissons	% poids chair	% poids évicéré	poissons	% poids chair	% poids évicéré	poissons	% poids chair	% poids évicéré
hoké	23	25,3	kulumata	14,3	13,5	huluwi	38,1	36,5
coumarou	11,6	10,7	huluwi	12,8	12,1	aïmara	17,3	18,2
laku	10,5	9,9	aïmara	10,9	11,6	mitala	9,4	8,7
piraïe	10,4	10,8	mitala	9,0	8,2	kulumata	7,4	7,1
kulumata	9,6	8,9	hoké	8,7	9,4	hoké	6,4	8,2
mitala	8,4	7,6	anguille	4,8	4,8	talani	4,0	4,3
pacu	4,2	3,9	piraïe-pène	4,5	4,8	molokoïme	3,9	4,1
aïmara	3,3	3,5	coumarou	4,3	4,0	mitoë	3,9	3,7
molokoïme	3,3	3,4	alumasi	4,3	4,0	pasina	2,6	2,5
pasina	2,8	2,6	élémaké	2,7	2,8	coumarou	1,9	1,8
pèle	2,2	2,7	molokoïme	2,6	2,8	agonosu	1,2	1,3
alumasi	1,5	1,3	agonosu	2,4	2,6	haïkané	1,0	1,1
mapalaïme	1,1	1,0	pasina	2,2	1,0	epuïe	0,7	0,7
talani	1,1	1,2	kupi	2,0	1,9	kupi	0,6	0,7
opi	0,9	0,9	pèle	1,3	1,7	alumasi	0,6	0,6
kalanalé	0,8	0,8	laku	1,3	1,2	yaya	0,4	0,4
% pour l'ens.	94,7	94,5	% pour l'ens.	88,1	86,4	% pour l'ens.	99,4	99,8
poids total (g)	36125	43370	poids total (g)	75360	88605	poids total (g)	14525	16875

Tableau 9. Relevés de pêche effectués au mois de novembre à Twenké

Twenké		
poissons	% poids chair	% poids évicéré
agonosu	27,5	27,3
coumarou	24	26,2
aïmara	7,2	6,8
piraïe-pène	7,0	6,6
pèle	6,2	7,2
asitao	5,8	4,9
matawalé	3,5	3,3
laku	3,5	2,9
hawa hawa	2,0	1,8
talani	1,7	1,6
pasina	1,5	1,3
mili	1,2	1,6
atipa	1,2	1,0
kupi	1	0,8
% pour l'ens	93,3	93,3
poids total (g)	75150	99830

Tableau 10. Relevés de consommation effectués sur des pêches des mois de mars et novembre à Antécume-Pata, Twenké-Taluhen et Cayodé (classement par ordre alphabétique)

nom wayana	importance consom		Mercure		nom latin
	% de la Q (g) totale consom	moyenne conc poids frais (ng/g)	% de Hg	famille	
Agonosu	11.2	233	9.98	Doradidae	<i>doras micropeus ou macropeus</i>
Aïmara < 1700g	3.5	391	5.19	Erythrinidae	<i>hoplias aymara</i>
Aïmara ≥ 1700g	7.2	793	22.02		
Alumasi	1.9	80	0.58	Curimatidae	<i>semaprochilodus varii</i>
Anguille	1.8	99	0.68	Electrophoridae	<i>electrophorus electricus</i>
Asitao, Astao, Pacu	3.2	21	0.25	Serrasalminidae	<i>myleus pacu (devenu m. rhomboidalis)</i>
Atipa	0.4	ND		Callichthyidae	<i>callichthys</i>
Awalipa	0.2	77	0.05	Cichlidae	<i>aequidens maroni et geophagus surinamensis</i>
Ciaomouné	0.4	305	0.46	Anastomidae	<i>leporinus fasciatus</i>
Coumarou, watau	12.7	21	1.00	Serrasalminidae	<i>myleus rhomboidalis (devenu tometes)</i>
Crabe	0.1	ND			
Elémaké, Olémaké	1.0	288	1.13	Characidae	<i>charax pauciradiatus et cynopotamus essequibensis</i>
Enké=Entke	0.2	124	0.09	Characidae	<i>brycon pesu</i>
Epui cf Opui	0.3	50	0.08	Hemiodidae	<i>hemiodus unimaculatus, bivibranchia bimaculata</i>
Haïkané	0.9	881	2.90	Characidae	<i>cynodon aff.gibbus</i>
Halanaé, Kalanalé	0.2	63	0.04	Anastomidae	<i>leporinus maculatus</i>
Hawa Hawa, Awaawa	1.0	51	0.19	Cichlidae	<i>geophagus harreri</i>
Hoké	8.1	104	3.20	Doradidae	<i>platydoras costatus</i>
Huluwi	7.5	940	27.02	Pimelodidae	<i>pseudoplatystoma fasciatum</i>
Kampuluka	0.5	108	0.22	Characidae	<i>triportheus rotundatus</i>
Kasibë, Kawayéma	0.4	56	0.08	Pimelodidae	<i>pimelodila gracilis?</i>
Kawawa	0.1	35	0.02	Loricariidae	<i>hypostomus plecostomus</i>
Kolopimpé	0.1	143	0.05	Cichlidae	<i>crenicichla saxatilis</i>
Kulumata	7.9	86	2.60	Curimatidae	<i>prochilodus reticulata</i>
Kupi, Masao	1.3	74	0.36	Sciaenidae	<i>K : pachypops furcraeus, M : plagioscion</i>
Laku	3.6	10	0.14	Serrasalminidae	<i>acnodon oligacanthus</i>
Lapiipi	0.2	13	0.01	Loricariidae	<i>loricaria sp</i>
Liku	0.2	368	0.31	Pimelodidae	?

Tableau 10. (Suite)

nom wayana	% de la Q (g) totale consommée	moyenne conc poids frais (ng/g)	% de Hg	famille	nom latin
Mapalaïme	0.3	222	0.30	Ramphichtyidae	<i>rhampichthys rostratus ou hypopomus artedi</i>
Matawalé	1.4	30	0.16	Cichlidae	<i>cichla ocellaris</i>
Mili	0.5	30	0.05	Loricariidae	<i>hemiancistrus medians</i>
Mitala	5.5	528	11.12	Ageneiosidae	<i>ageneiosus brevifilis</i>
Mitoë, Miwa, Itoï, Mapala	0.6	222	0.50	Sternopygidae	<i>sternopygus macrurus</i>
Molokoïme	2.0	43	0.34	Characidae	<i>brycon falcatus</i>
Otululu, opi, yaya, kalala, kalakalali	0.9	208	0.74	Characidae	<i>astyanax , moenkhausia</i>
Pakilali	0.0	77	0.01	Cichlidae	<i>guianacara owroefi</i>
Pasina	2.1	13	0.10	Serrasalminae	<i>myleus rubripinnis</i>
Pële	3.0	31	0.36	Loricariidae	<i>pseudancistrus barbatus</i>
Piraïe-Pene (petit) < 100g	0.2	81	0.05	Serrasalminae	<i>serrasalmus humeralis et striolatus</i>
Piraïe-Pene (grand)	4.5	374	6.43	Serrasalminae	<i>serrasalmus rhombeus</i>
Pohakë	0.2	60	0.04	Curimatidae	<i>curimata cyprinoides</i>
Sipali = Raie	0.0	190		Potamotrygoninae	<i>potamotrygon hystrix</i>
Talani	1.5	126	0.70	Anastomidae	<i>leporinus friderici</i>
Walak	0.5	173	0.31	Anastomidae	<i>leporinus lebaili cf. despaxi</i>
Walé Walé	0.3	103	0.13	Hemiodidae	<i>hemiodoptis huraulti</i>
Wiwi	0.2	54	0.03	Characidae	<i>bryconops (affinis)</i>
total chair consommée	203 kg		53 mg Hg		

ND : non dosé

Tableau 10bis. Relevés de consommation effectués sur des pêches des mois de mars et novembre à Antécume-Pata, Twenké-Taluhen et Cayodé (classement par Q consommée (g))

nom wayana	importance consom		Mercure		famille	nom latin
	% de la Q (g) totale consom	moyenne conc poids frais (ng/g)	% de Hg			
Coumarou, watau	12.7	21	1.00	Serrasalmidae	<i>myleus rhomboidalis (devenu tometes)</i>	
Agonosu	11.2	233	9.98	Doradidae	<i>doras micropeus ou macropeus</i>	
Hoké	8.1	104	3.20	Doradidae	<i>platydoras costatus</i>	
Kulumata	7.9	86	2.60	Curimatidae	<i>prochilodus reticulata</i>	
Huluwi	7.5	940	27.02	Pimelodidae	<i>pseudoplatystoma fasciatum</i>	
Aïmara ≥ 1700g	7.2	793	22.02	Erythrinidae	<i>hoplias aymara</i>	
Mitala	5.5	528	11.12	Ageneiosidae	<i>ageneiosus brevifilis</i>	
Piraïe-Pene (grand)	4.5	374	6.43	Serrasalmidae	<i>serrasalmus rhombeus</i>	
Laku	3.6	10	0.14	Serrasalmidae	<i>acnodon oligacanthus</i>	
Aïmara < 1700g	3.5	391	5.19	Erythrinidae	<i>hoplias aymara</i>	
Asitao, Astao, Pacu	3.2	21	0.25	Serrasalmidae	<i>myleus pacu (devenu m. rhomboidalis)</i>	
Pële	3.0	31	0.36	Loricariidae	<i>pseudancistrus barbatus</i>	
Pasina	2.1	13	0.10	Serrasalmidae	<i>myleus rubripinnis</i>	
Molokoïme	2.0	43	0.34	Characidae	<i>brycon falcatus</i>	
Alumasi	1.9	80	0.58	Curimatidae	<i>semaprochilodus varii</i>	
Anguille	1.8	99	0.68	Electrophoridae	<i>electrophorus electricus</i>	
Talani	1.5	126	0.70	Anastomidae	<i>leporinus friderici</i>	
Matawalé	1.4	30	0.16	Cichlidae	<i>cichla orellaris</i>	
Kupi, Masao	1.3	74	0.36	Sciaenidae	<i>K : pachypops furcraeus, M : plagioscion</i>	
Elémaké, Olémaké	1.0	288	1.13	Characidae	<i>charax pauciradiatus et cynopotamus essequibensis</i>	
Hawa Hawa, Awaawa	1.0	51	0.19	Cichlidae	<i>geophagus harreri</i>	
Haïkané	0.9	881	2.90	Characidae	<i>cynodon aff.gibbus</i>	
Otululu, opi, yaya, kalala, kalakalali	0.9	208	0.74	Characidae	<i>astyanax, moenkhausia</i>	
Mitoé, Miwa, Itoï, Mapala	0.6	222	0.50	Sternopygidae	<i>sternopygus macrurus</i>	
Kampuluka	0.5	108	0.22	Characidae	<i>triportheus rotondatus</i>	
Mili	0.5	30	0.05	Loricariidae	<i>hemiancistrus medians</i>	
Walak	0.5	173	0.31	Anastomidae	<i>leporinus lebaili cf. despaxi</i>	
Atipa	0.4	ND		Callichthyidae	<i>callichthys</i>	
Ciaomouné	0.4	305	0.46	Anastomidae	<i>leporinus fasciatus</i>	
Kasibë, Kawayéma	0.4	56	0.08	Pimelodidae	<i>pimelodila gracilis?</i>	
Epui cf Opui	0.3	50	0.08	Hemiodidae	<i>hemiodus unimaculatus, bivibranchia bimaculata</i>	
Mapalaime	0.3	222	0.30	Ramphichthyidae	<i>ramphichthys rostratus ou hypopomus artedi</i>	
Walé Walé	0.3	103	0.13	Hemiodidae	<i>hemiodoptis huraulti</i>	
Awalipa	0.2	77	0.05	Cichlidae	<i>aequidens maroni et geophagus surinamensis</i>	

Tableau 10bis. (Suite)

nom wayana	% de la Q (g) totale consom	moyenne conc poids frais (ng/g)	% de Hg	famille	nom latin
Enké=Entke	0.2	124	0.09	Characidae	<i>brycon pesu</i>
Halanaé, Kalanalé	0.2	63	0.04	Anastomidae	<i>leporinus maculatus</i>
Lapii	0.2	13	0.01	Loricariidae	<i>loricaria sp</i>
Liku	0.2	368	0.31	Pimelodidae	?
Piraïe-Pene (petit) < 100g	0.2	81	0.05	Serrasalmidae	<i>serrasalmus humeralis et striolatus</i>
Pohakë	0.2	60	0.04	Curimatidae	<i>curimata cyprinoides</i>
Wiwi	0.2	54	0.03	Characidae	<i>bryconops (affinis)</i>
Crabe	0.1	ND			
Kawawa	0.1	35	0.02	Loricariidae	<i>hypostomus plecostomus</i>
Kolopimpé	0.1	143	0.05	Cichlidae	<i>crenicichla saxatilis</i>
Pakilali	0.0	77	0.01	Cichlidae	<i>guianacara owroefi</i>
Sipali = Raie	0.0	190		Potamotrygoninae	<i>potamotrygon hystrix</i>
total chair consommée	203 kg		53 mg Hg		

ND : non dosé

Tableau 10ter. Relevés de consommation effectués sur des pêches des mois de mars et novembre à Antécume-Pata, Twenké-Taluhén et Cayodé (classement par apport de mercure par espèce)

nom wayana	importance consom		Mercure		famille	nom latin
	% de la Q (g) totale consom	moyenne conc poids frais (ng/g)	% de Hg			
Huluwi	7.5	940	27.02	Pimelodidae	<i>pseudoplatystoma fasciatum</i>	
Aïmara ≥ 1700g	7.2	793	22.02	Erythrinidae	<i>hoplias aymara</i>	
Mitala	5.5	528	11.12	Ageneiosidae	<i>ageneiosus brevifilis</i>	
Agonosu	11.2	233	9.98	Doradidae	<i>doras micropus ou macropeus</i>	
Piraïe-Pene (grand)	4.5	374	6.43	Serrasalmidae	<i>serrasalmus rhombeus</i>	
Aïmara < 1700g	3.5	391	5.19	Erythrinidae	<i>hoplias aymara</i>	
Hoké	8.1	104	3.20	Doradidae	<i>platydoras costatus</i>	
Haïkané	0.9	881	2.90	Characidae	<i>cynodon aff.gibbus</i>	
Kulumata	7.9	86	2.60	Curimatidae	<i>prochilodus reticulata</i>	
Elémaké, Olémaké	1.0	288	1.13	Characidae	<i>charax pauciradiatus et cynopotamus essequibensis</i>	
Coumarou, watau	12.7	21	1.00	Serrasalmidae	<i>myleus rhomboidalis (devenu tometes)</i>	
Otululu, opi, yaya, kalala, kalakalali	0.9	208	0.74	Characidae	<i>astyanax , moenkhausia</i>	
Talani	1.5	126	0.70	Anastomidae	<i>leporinus friderici</i>	
Anguille	1.8	99	0.68	Electrophoridae	<i>electrophorus electricus</i>	
Alumasi	1.9	80	0.58	Curimatidae	<i>semaprochilodus varii</i>	
Mitoë, Miwa, Itoï, Mapala	0.6	222	0.50	Sternopygidae	<i>sternopygus macrurus</i>	
Ciaomouné	0.4	305	0.46	Anastomidae	<i>leporinus fasciatus</i>	
Pële	3.0	31	0.36	Loricariidae	<i>pseudancistrus barbatus</i>	
Kupi, Masao	1.3	74	0.36	Sciaenidae	<i>K : pachypops furcraeus, M : plagioscion</i>	
Molokoïme	2.0	43	0.34	Characidae	<i>brycon falcatus</i>	
Walak	0.5	173	0.31	Anastomidae	<i>leporinus lebaili cf. despaxi</i>	
Liku	0.2	368	0.31	Pimelodidae	?	
Mapalaime	0.3	222	0.30	Rampichthyidae	<i>rhampichthys rostratus ou hypopomus artedi</i>	
Asitao, Astao, Pacu	3.2	21	0.25	Serrasalmidae	<i>myleus pacu (devenu m. rhomboidalis)</i>	
Kampuluka	0.5	108	0.22	Characidae	<i>triortheus rotundatus</i>	
Hawa Hawa, Awaawa	1.0	51	0.19	Cichlidae	<i>geophagus harreri</i>	
Matawalé	1.4	30	0.16	Cichlidae	<i>cichla ocellaris</i>	
Laku	3.6	10	0.14	Serrasalmidae	<i>acnodon oligacanthus</i>	
Walé Walé	0.3	103	0.13	Hemiodidae	<i>hemiodoptis huraulti</i>	
Pasina	2.1	13	0.10	Serrasalmidae	<i>myleus rubripinnis</i>	
Enké=Entke	0.2	124	0.09	Characidae	<i>brycon pesu</i>	
Kasibë, Kawayéma	0.4	56	0.08	Pimelodidae	<i>pimelodila gracilis?</i>	
Epui cf Opui	0.3	50	0.08	Hemiodidae	<i>hemiodus unimaculatus, bivibranchia bimaculata</i>	

Tableau 10ter. (Suite)

nom wayana	% de la Q (g) totale consom	moyenne conc poids frais (ng/g)	% de Hg	famille	nom latin
Mili	0.5	30	0.05	Loricariidae	<i>hemiancistrus medians</i>
Awalipa	0.2	77	0.05	Cichlidae	<i>aequidens maroni et geophagus surinamensis</i>
Piraïe-Pene (petit) < 100g	0.2	81	0.05	Serrasalmidae	<i>serrasalmus humeralis et striolatus</i>
Kolopimpé	0.1	143	0.05	Cichlidae	<i>crenicichla saxatilis</i>
Halanaé, Kalanalé	0.2	63	0.04	Anastomidae	<i>leporinus maculatus</i>
Pohakë	0.2	60	0.04	Curimatidae	<i>curimata cyprinoides</i>
Wiwi	0.2	54	0.03	Characidae	<i>bryconops (affinis)</i>
Kawawa	0.1	35	0.02	Loricariidae	<i>hypostomus plecostomus</i>
Lapipi	0.2	13	0.01	Loricariidae	<i>loricaria sp</i>
Pakilali	0.0	77	0.01	Cichlidae	<i>guianacara owroefi</i>
Atipa	0.4	ND		Callichthyidae	<i>callichthys</i>
Crabe	0.1	ND			
Sipali = Raie	0.0	190		Potamotrygoninae	<i>potamotrygon hystrix</i>

total chair consommée
ND : non dosé

203 kg

53 mg Hg

IV.3.5. Quantité de mercure consommée

L'apport alimentaire de mercure a été quantifié essentiellement à partir de la quantité de poissons consommés. En effet, les jours de consommation de viande ont été comptabilisés à 0 ng de mercure/jour pour les raisons citées précédemment (cf. IV.2.4) et pour ne pas surestimer l'apport de mercure liée à une alimentation exclusivement à base de poissons.

Le résultat fourni pour la population ne peut donc que sous estimer l'apport de mercure via l'alimentation. Il est alors important de préciser la répartition du type de consommation poisson/viande sur l'ensemble de l'enquête. Ainsi, 65,5% des jours x personnes ne comportaient que du poisson, 24,5% de jours mixtes (poisson et viande) et 10 % exclusivement à base de viande.

Les quantités de mercure consommées par jour et par semaine, exprimées en ng (ou µg) et rapportées au poids corporel de l'individu sont présentées dans le tableau 11 en fonction de l'âge et du sexe. On constate donc que l'apport alimentaire de mercure de la population wayana dépasse les recommandations internationales - 200µg de méthylmercure/semaine ou 3,3µg/kg x semaine pour un adulte de 60 kg, et 300 µg de mercure total si la fraction de MeHg est inférieure à 200 µg/g -, excepté pour les enfants de moins d'un an, qui reçoivent cependant un autre apport de mercure par l'allaitement maternel.

Par ailleurs, les quantités de mercure consommé et de mercure dans les cheveux sont corrélées significativement ($r=0,36$, $p<0,01$, $n=100$, fig.18).

Tableau 11. Quantité de mercure consommée selon l'âge et le sexe

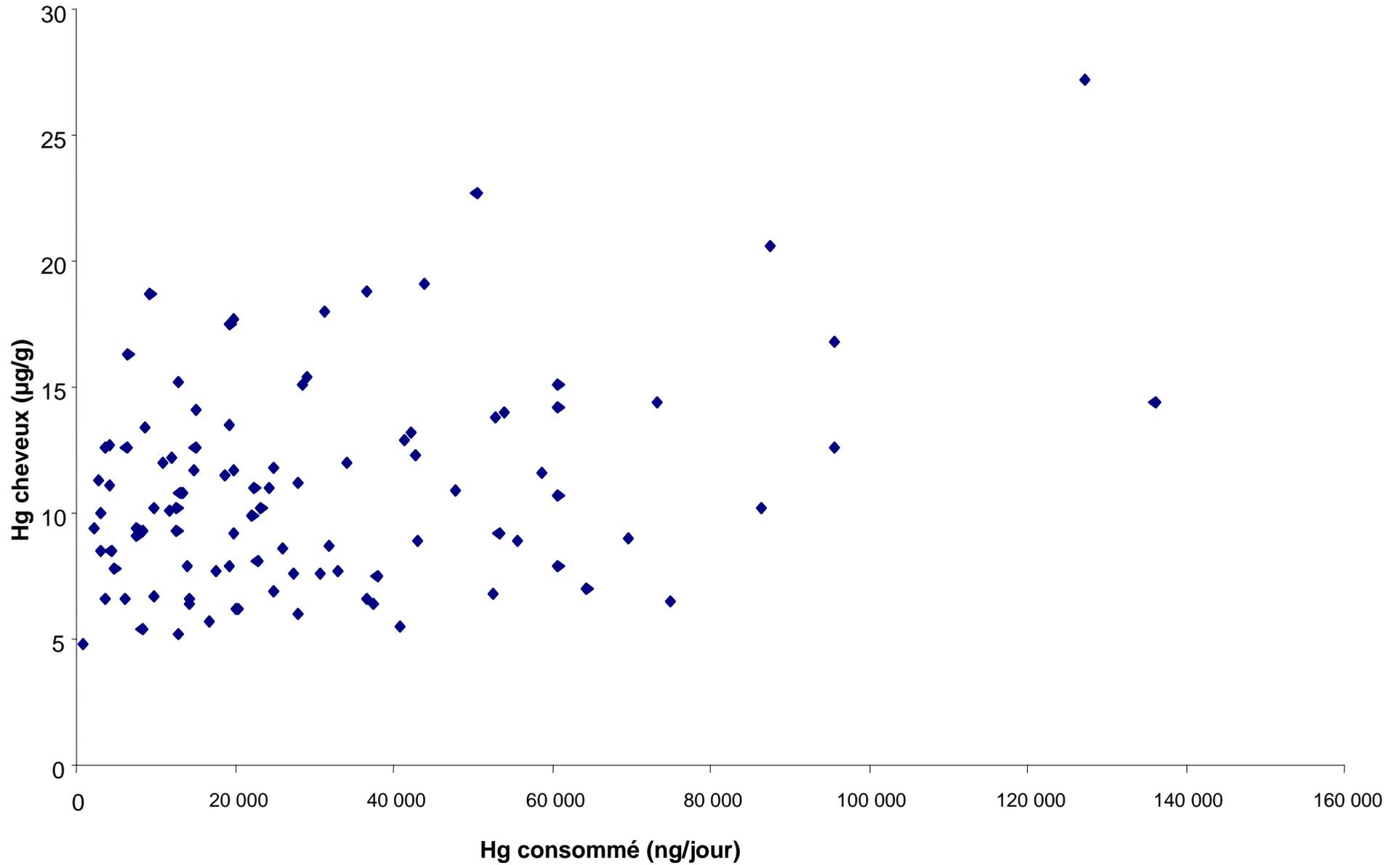
classe d'âge	âge moyen	n	Mercure en ng/jour *			Mercure en µg/kg poids corporel x jour			Hg en µg/kg x semaine ***	Hg en µg x semaine
			moy arithmétique**	éc-type	médiane	moy arithmétique	éc-type	médiane	moy arithmétique	moy arithmétique
≤ 1 an	0,84	19	1197	1015	1008	0,15	0,13	0,12	1,05	8,4
1 à 3 ans	1,8	55	6626	6070	4169	0,70	0,63	0,46	4,90	46,4
3 à 6 ans	5,4	96	14385	17121	9073	0,98	1,11	0,56	6,86	100,7
7 à 10 ans	8,7	166	27673	40799	13964	1,10	1,63	0,57	7,70	191,6
10 à 14 ans	12,4	83	37653	43133	16135	1,13	1,21	0,62	7,91	263,6
15 à 25 ans Hommes	19,3	102	47853	50881	28309	0,79	0,84	0,46	5,53	335,0
Femmes	20,3	124	41355	59868	23239	0,86	1,25	0,44	6,02	289,5
25 à 45 ans Hommes	37	101	61255	65985	33994	1,45	1,77	0,7	10,15	428,8
Femmes	33,5	89	41259	50073	21148	1,20	1,56	0,42	8,40	288,8
> 45 ans Hommes	58,1	63	28789	56331	14369	0,46	0,89	0,23	3,22	201,5
Femmes	56,6	42	29123	33227	12910	0,61	0,67	0,32	4,27	203,9

* : 1 ng = 10⁻³µg = 10⁻⁶mg

** : sans prise en compte du mercure provenant de l'allaitement maternel

*** : résultats à comparer avec la dose hebdomadaire tolérable (PTWI, FAO/OMS) : 200 µg MeHg/semaine ou 3,3 µg/kg (pour un adulte de 60 kg)
Ces résultats sous-estiment la quantité de mercure consommée puisque l'apport de mercure par la consommation de viande a été compté à 0.

Figure 18. Corrélation entre le mercure capillaire et le mercure consommé



Discussion

Les résultats de cette étude confirment l'exposition au mercure de la population wayana de Guyane française, liée à une alimentation riche en poissons qui sont, pour certaines espèces, assez fortement contaminées. Cette contamination se traduit par des teneurs dans les cheveux et un apport alimentaire quotidien ou hebdomadaire qui se situent au delà des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé. Par ailleurs, une exposition un peu plus élevée a été constatée parmi la population de Cayodé, où s'exercent actuellement des activités d'orpaillage, notamment dans la partie "amont" du fleuve et de son bassin-versant.

Mercure dans les cheveux

Les teneurs dans les cheveux de cette population sont particulièrement élevées si on les compare à la moyenne de référence pour le mercure total égale à 2 µg/g (IPCS 1990), d'autant plus que le reste de la population guyanaise présente des teneurs bien plus faibles (3µg/g, Cordier 1994). Ainsi, plus de la moitié de la population (et la moyenne) dépasse les recommandations de l'OMS de 10 µg/g, la valeur maximale mesurée atteignant 27,2 µg/g.

Des niveaux de mercure non négligeables ont pu être rapportés dans des populations de zones non soumises à des activités polluantes de l'homme, mais fortes consommatrices de poissons. Ainsi, en Papouasie-Nouvelle Guinée, des niveaux de mercure dans les cheveux de 4,1 µg/g chez les hommes et de 4,3 µg/g chez les femmes ont été signalés chez des villageois de la côte, alors que ceux résidant à 25 km dans les terres présentaient des valeurs autour de 1µg/g (Suzuki 1991). Feng (1998) a indiqué au Japon une teneur moyenne de 4,6 µg/g chez les habitants de Tokushima, au bord de l'océan, alors qu'elle était de 3,1 chez des Indonésiens résidant à 30 km de la côte et de 1,7 chez des Chinois à 600 km dans les terres.

Cependant, parmi des populations fortement consommatrices de poissons, on a pu constater des valeurs similaires, mais plus souvent inférieures ; c'est le cas de l'étude de Marsh et al. (1995) au sein d'une population péruvienne (méthylmercure de 1,2 à 30 µg/g, moyenne géométrique égale à 8,3 µg/g) ou de Davidson (1995) aux Seychelles (moyenne du mercure total égale à 8,2 µg/g).

Plusieurs études ont montré que les niveaux de mercure dans les cheveux sont plus élevés chez les résidents de zones contaminées par le mercure que ceux de zones non contaminées. Ainsi au Brésil, Agaki (1994) a observé des teneurs bien plus importantes chez les pêcheurs de la région de Tapajos localisée dans le bassin amazonien où s'exercent des activités d'orpaillage (16,6 µg/g en moyenne), que parmi des populations éloignées. Dans cette même région Lebel et al. (1996) ont signalé dans deux villages des concentrations moyennes respectivement égales à 11,6 et 15,1 µg/g (moyenne géométrique). Une étude similaire, réalisée dans la zone contaminée de Tucuruí au Brésil, indique des teneurs dans les cheveux suffisamment élevées pour altérer la

santé des populations (de 0,9 à 240 µg/g, moyenne à 65 µg/g). Dans l'étude d'Oliveiro et al. (1995) réalisée dans une zone minière de Colombie, les valeurs de mercure dans les cheveux de pêcheurs étaient supérieures à celles des chercheurs d'or, respectivement de 5,23 et 2,83 µg/g, le mercure des cheveux étant surtout un bon indicateur du mercure absorbé par la voie alimentaire.

D'après l'IPCS, une communauté qui consommerait sur une longue période 200 µg de mercure par jour par une alimentation riche en poissons, présenterait des niveaux sanguins de mercure de 200 µg/l, ce qui correspondrait à des niveaux dans les cheveux environ 250 fois plus élevés, soit 50 µg/g. Or, la population wayana adulte qui consomme environ 4 à 5 fois moins de mercure par jour (40 - 50 µg/j), présente des niveaux dans les cheveux effectivement 4 à 5 fois plus faibles (10 -13 µg/g). Il semblerait que ces relations soient effectivement de type linéaire (Phelps 1980, Sherlock 1982). D'ailleurs, nous avons également observé une corrélation entre le mercure consommé et le mercure accumulé dans les cheveux.

Par ailleurs, le mercure des cheveux traduit bien l'apport alimentaire, puisque d'une part, la contamination exogène des cheveux est assez faible, et d'autre part, le pourcentage de mercure organique, essentiellement d'origine alimentaire, est très élevé (plus de 90%). On sait en effet que ce dernier est absorbé par l'organisme à plus de 90%, contrairement au mercure inorganique qui l'est beaucoup moins.

Mercure chez les jeunes enfants

Les teneurs dans les cheveux sont élevées dans toutes les tranches d'âge, mais dans une moindre mesure chez les enfants de moins d'un an, quoique supérieures aux adultes du reste de la Guyane. Ces derniers consomment en effet très peu de poissons, ce qui est confirmé par les faibles quantités quotidiennes ou hebdomadaires de mercure ingéré. Si cette quantification du mercure dans cette classe d'âge demeure en dessous des recommandations de l'OMS (200 µg de méthylmercure/ semaine), il importe de préciser que ces recommandations ont été établies pour l'adulte et qu'elles ne prennent donc pas en compte la plus grande vulnérabilité des jeunes enfants à la toxicité du mercure. En effet, la valeur de 200 µg/l de sang (ou 50 µg/g de cheveux) a été associée à un faible risque (5%) de troubles neurologiques sévères chez l'adulte. Cependant le fœtus et le jeune enfant peuvent présenter des troubles neurologiques à des niveaux d'exposition pour lesquels l'adulte n'est pas affecté. D'ailleurs, l'OMS recommande la mise en place d'études épidémiologiques chez les enfants exposés in utero à des niveaux de méthylmercure dans les cheveux maternels de l'ordre de 10 à 20 µg/g afin de déterminer les effets sur la santé au moyen de tests psychomoteurs et comportementaux.

De plus, l'apport de ce toxique via l'allaitement maternel n'a pas été pris en compte dans le calcul. Or, les trois prélèvements de lait réalisés de façon exploratoire auprès de femmes wayanas révèlent des teneurs relativement élevées de mercure, égales à 2,2, 2,3 et 3 ng/g. Si on considère qu'un jeune enfant consomme quotidiennement environ 800 ml de lait, il apparaît que cet apport est loin d'être négligeable.

Les concentrations chez ces trois femmes sont supérieures à celles de populations peu exposées (Westöö 1973, Pitkin 1976, Oskarsson 1996), mais sont du même ordre que celles rencontrées dans des populations exposées, en particulier en raison d'une alimentation riche en poissons (Fujita et Takabatake 1977, Skerfving 1988). Par exemple, dans l'étude suédoise d'Oskarsson réalisée auprès de 30 femmes allaitantes, les concentrations étaient en moyenne de 0,6 (\pm 0,4) ng/g, avec un maximum à 2 ng/g. Par contre, au Japon, Fujita et Takabatake ont signalé une concentration moyenne dans le lait de $3,6 \pm 2,2$ ng/g ; chez des femmes des îles Féroé, Grandjean (1995) relève des concentrations entre 1 et 4 ng/ml, avec une valeur médiane égale à 2,45 ng/ml.

La fraction de mercure inorganique dans le lait maternel semble plus importante que dans le sang, ce qui est un avantage quand on se souvient qu'il est moins facilement absorbé par l'organisme que le mercure organique. Le niveau de mercure dans le lait reflète à peu près le niveau plasmatique. Or, le méthylmercure se lie essentiellement aux érythrocytes, alors que le mercure inorganique se distribue de manière égale entre les érythrocytes et le plasma ; ainsi ce dernier passe plus facilement dans le lait.

Par ailleurs, le nouveau-né arrive déjà au monde avec une exposition à ce toxique ; le fœtus est déjà exposé au mercure *in utero* puisque les concentrations du métal sont généralement supérieures dans le sang du cordon par rapport au sang de la mère.

Contamination des poissons par le mercure

L'exposition, exprimée par le mercure dans les cheveux, apparaît légèrement plus importante à Cayodé, village situé sur le Tampoc où s'exercent actuellement des activités d'orpaillage, que dans les autres villages. Or, il s'avère que l'étude écotoxicologique qui a comparé entre les trois sites de Cayodé, Twenké-Taluhén et Antécule-Pata, les teneurs en mercure sur l'espèce de poisson *Pseudoancistrus barbatus* (Pèle), confirme la présence d'une plus forte contamination sur le site de Cayodé. On peut donc constater objectivement l'impact de l'orpaillage actuel sur le biotope et l'homme.

Si habituellement dans les poissons de rivière non polluée, les concentrations de mercure se situent entre 10 ng/g de poids frais chez les espèces herbivores à vie courte et 200 ng/g de poids frais chez les grands carnivores (Lacerda 1998), on observe des concentrations plus importantes dans les espèces du Haut-Maroni.

En effet, les poissons accumulent du méthylmercure à une concentration plus importante que celle rencontrée dans leur environnement. Selon les zones d'études, Agaki et al. (1994) indiquent que cette forme de mercure accumulé dans les tissus de poissons représente 85 à 97 % du mercure total, alors que le mercure inorganique est la forme prédominante dans l'eau et les sédiments. Le facteur de bioconcentration, c'est à dire le rapport entre la concentration de méthylmercure dans les poissons et dans l'eau, est habituellement de 10 000 à 100 000, voire plusieurs millions dans certains cas, si bien qu'il est possible d'observer des teneurs de mercure très faibles dans l'eau, et très élevées dans les poissons³.

Les espèces capturées en mars sont similaires sur les 3 sites, avec semble-t-il, une plus grande homogénéité entre Twenké et Cayodé, par rapport à Twenké et Antécume-Pata, vis à vis des espèces les plus fréquentes. On constate des différences importantes sur la fréquence des espèces présentes en mars et novembre. En mars, période de hautes eaux, les poissons sont plus mobiles et remonteraient dans les criques, d'où une différence selon le site, alors qu'en novembre, période des basses eaux, les espèces de poissons présentes sont plus homogènes sur les différents villages.

Néanmoins, leur croissance semble similaire sur les trois sites étudiés.

Parmi les 242 prélèvements de poissons réalisés dans le Haut-Maroni, 14,5 % d'entre eux dépassaient la concentration en mercure de 0,5 mg/kg (pds frais), ce qui est un peu supérieur à ce qu'a observé Bidone au Brésil (11,5%). Cette "norme" de 0,5 mg/kg est la valeur retenue au Canada, aux Etats-Unis et au Brésil. En France, elle concerne les poissons non carnivores, les carnivores devant présenter des valeurs inférieures à 1 mg/kg, ce qui dans le contexte actuel semble trop élevé. Les concentrations moyennes de mercure des espèces carnivores et non carnivores sont similaires à celles d'autres rivières contaminées de l'Amazone (Lacerda et al. 1994, Bidone et al. 1997, cf. Annexe 2). Par exemple, Bidone signale dans la zone minière de Tapajos au Brésil, des concentrations moyennes de 420 ng/g chez les espèces carnivores et de 62 ng/g chez les espèces non carnivores.

³ Les premières analyses réalisées en 1999 au LEESA (Université Bordeaux 1/CNRS) sur plusieurs échantillons de muscle de poissons carnivores (*Cynodon gibbus*, *Hoplias aimara*), avec la technique de couplage "extraction/réaction d'éthylation/séparation par chromatographie en phase gazeuse/atomisation électrothermique/dosage du Hg⁰ par

Les deux poissons les plus consommés en quantité sont le coumarou et l'agonosu, qui contiennent heureusement assez peu de mercure.

Le coumarou, qui est l'espèce la plus consommée au cours des deux périodes étudiées, contient très peu de mercure en raison de son mode alimentaire, puisqu'il est frugivore et herbivore. L'agonosu contribue pour 10% de l'apport mercuriel total, du fait de sa forte consommation, puisqu'il est le poisson le plus consommé après le coumarou.

Par ordre d'importance de consommation, viennent ensuite des poissons carnivores (excepté le hoké) tels que l'aïmara, le kulumata, l'huluwi, le piraïe et le mitala. En fait, on constate que 4 espèces carnivores correspondant à 28,2% de l'apport alimentaire de poisson contribuent pour 72 % à la quantité de mercure consommée. Ce sont l'huluwi, l'aïmara, le mitala et le piraïe. Les espèces carnivores se situent en effet à un niveau plus élevé de la chaîne trophique que les espèces non carnivores, et donc, elles accumulent plus de mercure. Par ailleurs, même si cela n'apparaît pas de façon très évidente, les tissus concentrent plus de mercure en fonction de l'âge (et donc en général du poids des poissons), jusqu'à atteindre un état d'équilibre (WHO 1989).

L'huluwi, qui est consommé de façon ponctuelle par quelques familles, contribue de façon importante à l'apport en mercure en raison du poids très important que peut atteindre cette espèce (facilement 12 kg) ; ainsi, une même famille peut se contaminer de façon massive pendant quelques jours à partir de la consommation d'un seul poisson. Il s'avère cependant nécessaire de confirmer les niveaux de contamination de cette espèce, puisqu'il n'a été réalisé qu'un seul dosage sur un individu pêché à Antécume-Pata ; on sait cependant que cette espèce appartenant aux grands carnivores s'est déjà révélée très contaminée dans d'autres sites (Lacerda 1998).

Il en va différemment du mitala, dont la teneur est moindre que celle de l'huluwi, mais la consommation beaucoup plus élargie au sein du village. Ces deux espèces huluwi et mitala sont surtout présentes au mois de mars.

Quant à l'aïmara, il était déjà connu pour ses teneurs élevées en mercure, ce que nous confirmons, et constatons qu'il contribue de façon notable à la contamination de la population.

Le grand piraïe, également à forte teneur en mercure contribue dans une moindre mesure à l'apport de mercure, même si celui-ci est loin d'être négligeable.

L'haïkané (*Cynodon gibbus*), poisson carnivore pour lequel on a observé les plus fortes concentrations en mercure, est assez peu consommé ; de plus, il n'est généralement pas consommé par les enfants, car il contient beaucoup d'arêtes.

spectrophotométrie de fluorescence atomique" révèlent des teneurs relatives en méthylmercure proches de 100%, confirmant les données disponibles dans la littérature (Boudou A. 1998).

Apport alimentaire de mercure

L'essentiel du mercure dans le muscle des poissons est sous la forme de méthylmercure. Selon les critères de l'IPCS, chez l'homme, l'apport quotidien de méthylmercure, quelle que soit sa source, a été estimé à environ 2,4 µg et celui du mercure total à 6,7 µg (supérieur en présence d'amalgame dentaire).

On constate que la population wayana se situe bien au delà, puisque les adultes consomment entre 40 à 60 µg de mercure total par jour, les personnes âgées de l'ordre de 30 µg/g. Quant aux enfants, les plus jeunes ingèrent environ 3 µg/j en tenant compte de l'allaitement maternel, ceux de 1 à 3 ans de l'ordre de 7 µg/j, ceux de 3 à 6 ans environ 15 µg/j et ceux de 10 à 15 ans entre 28 et 40 µg/j. Par ailleurs, ces résultats sont sous-estimés dans la mesure où ils ne prennent pas en compte l'apport mercuriel des gibiers.

Le groupe du comité d'expert FAO/OMS sur les additifs alimentaires (JEFCA) recommande que l'apport tolérable hebdomadaire n'excède pas 300 µg de mercure total, avec un maximum de 200 µg de méthylmercure, ce qui pour un homme de 60 kg représente 3,3 µg/kg. Nous ne disposons pas encore actuellement des résultats des études de spéciation dans le muscle des poissons de Guyane (voir note de bas de page N° 3), mais rappelons que selon Agaki, le méthylmercure accumulé dans ce tissu représente 85 à 97 % du mercure total. Ce résultat est cohérent avec la fraction de mercure organique par rapport au mercure total retrouvée dans les cheveux qui est de 91,5 %. Ainsi, un apport de 300 µg de mercure total correspondrait à environ 270 µg de mercure organique, ce qui apparaît trop élevé ; il faudrait donc que l'apport hebdomadaire de mercure total n'excède pas 220 µg afin de garantir un seuil de 200 µg de mercure organique.

Il apparaît donc que toutes les personnes de plus de 7 ans dépassent ou sont très proches de la valeur limite hebdomadaire recommandée de 200 µg de mercure organique. Mais si on rapporte les résultats au poids corporel, tous les individus, exceptés les enfants de moins d'un an (qui n'en sont pourtant pas très éloignés), atteignent la valeur limite de 3,3 µg/kg.

Ces résultats sont similaires à ceux observés par Bidone (1997) dans la région de Tapajos au Brésil (48 µg/j), mais inférieurs de 2 à 3 fois à ceux estimés par Chan et al. (1995) chez les Inuits du Canada.

Anthropométrie

En plus de l'apport alimentaire de mercure, diverses caractéristiques anthropométriques (poids, taille, corpulence /âge) ont été étudiées afin de fournir quelques informations sur l'état nutritionnel de la population.

Les poids des nouveau-nés semblent assez faibles, quoi que comparables à ceux d'autres ethnies amérindiennes. Les courbes de poids/taille des enfants indiquent une croissance harmonieuse, et sans malnutrition aiguë. La forte corpulence observée chez les adultes montre qu'il n'y a pas d'inquiétude à avoir vis à vis de l'apport énergétique.

Cependant, enfants et adultes présentent une taille très inférieure aux courbes de référence. Ainsi, 21,3 % des garçons de moins de 11 ans ½ et 16 % des filles de moins de 10 ans accusent un retard de taille important. On constate que 75% des femmes adultes mesurent moins d'1 mètre 50 et 62 % des hommes adultes moins d'1 mètre 60.

Il est connu que les populations amérindiennes sont de petite taille. Crooks (1994) a rapporté ce fait chez des enfants mayas du Belize en Amérique Centrale et Bénéfice (1997), chez des indiens Sionas-Sécoyas dans la province de Napo en Amazonie équatorienne. Il est probable que des facteurs génétiques y contribuent ; cependant, la plupart des auteurs mettent également en cause des facteurs de milieu ou acquis, tels que les infections, la malnutrition ou l'altitude.

La question de l'influence génétique et de la pertinence d'utiliser des courbes de référence de population de pays développés a fait l'objet de nombreux débats. Le groupe de travail de l'OMS (1986) signale que les enfants des pays en voie de développement appartenant à "l'élite", ont une croissance similaire à ceux de la courbe de référence NCHS. Pour l'OMS, les différences anthropométriques observées entre diverses populations et la référence seraient dues essentiellement à l'environnement caractérisé par divers stress liés à des inégalités économiques et sociales.

Il est admis qu'une taille inférieure au potentiel génétique de l'individu témoigne d'une souffrance physique pendant la période où ce retard se constitue, c'est à dire pendant la vie intra-utérine et les 12-24 premiers mois de la vie postnatale ; elle constitue la séquelle d'une souffrance passée chez les enfants plus âgés et chez les adultes (Simondon 1999). Elle s'accompagne souvent d'un défaut de développement psychomoteur, et éventuellement d'une atteinte des défenses immunitaires conduisant à un risque de décès supérieur en cas de maladie grave.

Certains auteurs ont déclenché de vives réactions de certains nutritionnistes, notamment de ceux originaires de pays en voie de développement, en interprétant le retard de croissance comme un mécanisme d'adaptation à un environnement caractérisé par de faibles réserves ; l'individu de petite taille ayant besoin de moins d'énergie pour conserver une corpulence correcte. L'Indien Gopalan (1983) a réagi vivement par un article intitulé "Small is healthy ? For the poor but not for the rich."

Le docteur Simondon (1999) indique que la taille d'une mère influence les poids et taille de naissance de son enfant, mais pas seulement de façon génétique. En effet, suite à une supplémentation nutritionnelle de 3 mois à 3 ans, des femmes du Guatemala ayant atteint une plus grande taille adulte ont eu des enfants plus lourds et plus grands à la naissance que les femmes du groupe témoin. Certains auteurs pensent même qu'une malnutrition in utero pourrait avoir une influence sur les oogonies du fœtus et ainsi affecter la croissance de ses futures enfants.

Bien que cette étude ne se soit pas portée sur la fréquence des infections survenues au sein de cette population pendant la période d'enquête, le nombre de sujets présentant une infestation parasitaire semblait assez important et la fréquence d'infections diverses (respiratoires, digestives) non négligeable. Par ailleurs au niveau démographique, la population âgée est très faible (5,4% de personnes de plus de 60 ans). Une observation assez surprenante est le sex-ratio très désavantageux pour les femmes.

Cette enquête alimentaire n'avait pas pour objectif d'évaluer l'apport en différents nutriments. Néanmoins, l'apport protéique semble satisfaisant au vu des quantités de poissons consommées. Toutefois, en mars pendant la période des hautes eaux où la pêche est moins abondante, il a été observé des retours de pêche et de chasse difficiles témoignant d'une possible pénurie alimentaire temporaire. Par ailleurs, hormis l'allaitement, nous n'avons pas constaté d'alimentation lactée. Et, si la cueillette de fruits semble assurer l'apport principal de divers vitamines, celle-ci semble assez aléatoire. Les galettes de manioc semblent constituer un apport calorique important.

CONCLUSION

En conclusion, cette étude a permis de mettre en évidence une exposition au mercure excessive de la population wayana de Guyane française, puisqu'elle dépasse les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé. Cette contamination par le mercure, appréhendée par son dosage dans les cheveux et l'alimentation, est liée à une forte consommation de poissons dont certaines espèces carnivores présentent des teneurs très élevées en raison d'activités d'orpaillage dans la région. En l'occurrence, Cayodé, zone d'activité d'orpaillage, présente effectivement des niveaux plus élevés que les autres villages.

Les résultats de cette étude, concernant aussi bien l'imprégnation des populations que les niveaux de contamination des poissons par le mercure, sont du même ordre de grandeur, voire en certaines circonstances légèrement supérieures, à ceux relevés dans des situations analogues par des pays comme le Brésil, où la pratique de l'orpaillage est particulièrement développée.

Au vu de cette étude, il est souhaitable de renforcer le suivi sanitaire de cette population afin de lui assurer un développement dans les meilleures conditions possible. Ce suivi sanitaire permettra d'évaluer l'efficacité des mesures de prévention préconisées dans le chapitre "Recommandations" de ce rapport et qui doivent être effectivement mises en oeuvre.

Enfin, cette enquête a bénéficié d'une bonne articulation entre les études environnementales et sanitaires et constitue ainsi une approche originale et de première importance. En effet, elle s'inscrit dans une démarche globale de Santé Publique où l'impact sanitaire de tels apports est évalué par une étude des effets neurotoxiques réalisée auprès des enfants, qui fait l'objet d'un rapport spécifique.

Recommandations

A l'issue de cette étude alimentaire, nous proposons les recommandations suivantes :

1) Engager une politique de réduction active d'émissions de mercure dans l'environnement en relation avec les activités d'orpaillage.

Depuis 5 ans que cette question est étudiée, les niveaux moyens de contamination ne sont pas, en effet, modifiés de façon notable (cf. enquête RNSP 1994). Cela implique que l'on fasse appel à la mise en œuvre de technologies propres protectrices de l'environnement et donc de la Santé Publique.

2) Surveiller le devenir de ces populations vis à vis du risque mercuriel par des enquêtes d'imprégnation répétées dans le temps.

3) Les répercussions sur l'amélioration de l'environnement de mesures de limitation à la source des émissions de mercure n'étant pas immédiates, des restrictions concernant l'alimentation sont recommandées à titre transitoire.

L'essentiel de l'alimentation reposant sur la consommation de poissons, ces restrictions de consommation doivent être décidées en respectant un juste équilibre entre le bénéfice attendu d'une non consommation de poissons contaminés et le maintien d'un bon état nutritionnel de cette population, par ailleurs très fragile.

3.1) Restreindre le plus possible la consommation des 5 espèces les plus contaminées (Huluwi, Aïmara, Mitala, Haïkané et gros Piraïe) et favoriser la consommation des espèces peu contaminées telles que le coumarou. Si la consommation de ces espèces contaminées ne peut être évitée, favoriser la consommation des spécimens de petite taille.

Cette proposition devrait être applicable dans la mesure où divers interdits alimentaires existent déjà au sein de la population wayana.

3.2) Préconiser la non consommation de poissons contaminés pendant la grossesse et l'allaitement. Cette recommandation s'applique également à tous les jeunes enfants, puisque le développement de leur système nerveux est très vulnérable.

Ces mesures doivent être accompagnées de dispositions complémentaires :

- Développer une politique d'éducation nutritionnelle en s'appuyant sur les agents locaux de santé.

- Mettre en place une politique active d'information de la population sur les résultats des analyses de poissons actuelles et futures.

3.3) Réaliser une campagne de dosages dans divers viandes et gibiers notamment auprès de prédateurs majeurs susceptibles de contenir de fortes concentrations de mercure (ex : caïman).

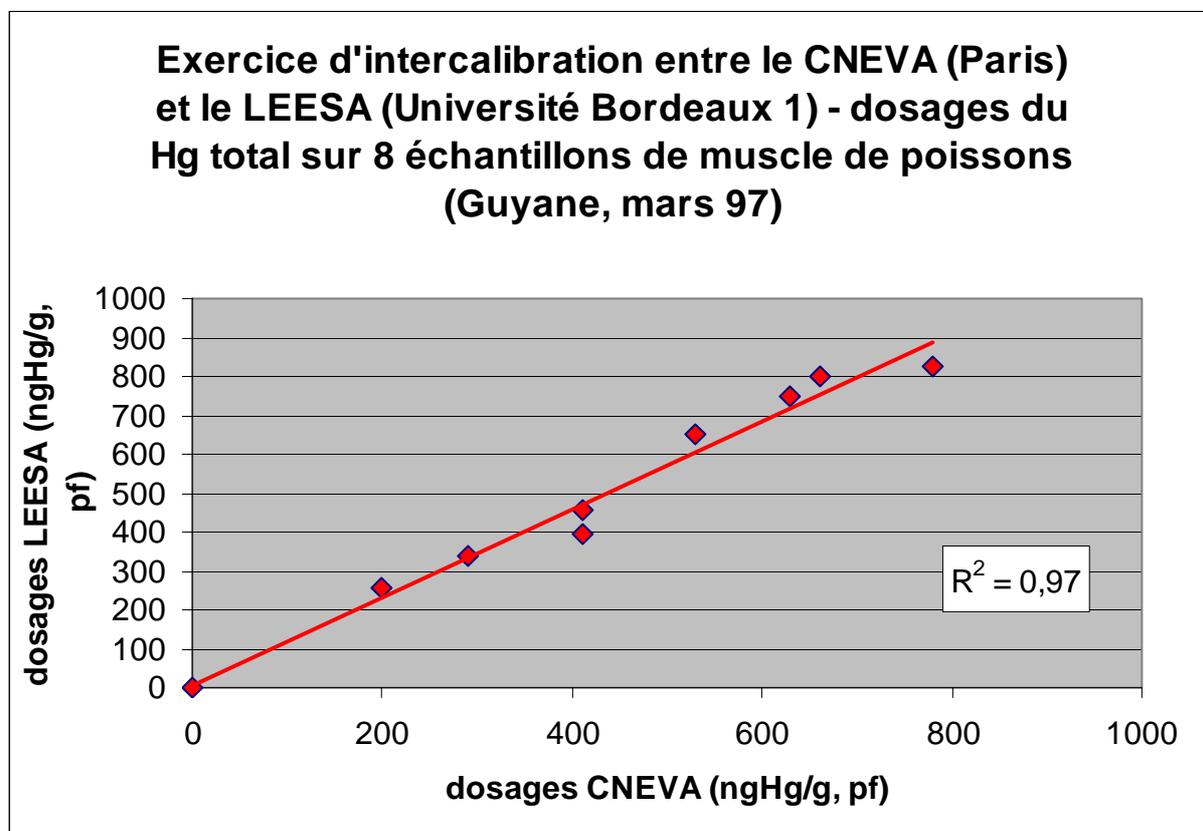
4) Renforcer le suivi médical de cette population, et surtout pendant la grossesse et l'enfance, en raison notamment des multiples infections observées dans cette région.

BIBLIOGRAPHIE

- Agaki H., Kinjo Y., Branches F., Malm O. et al. Methylmercury pollution in Tapajos river basin, Amazon. *Environ. Sci.* 1994;3:25-32.
- Agaki H. Mercury as a global pollutant : mercury pollutant in Amazon River Basin, Brazil. *Biomed Res Trace Elements.* 1995;6:1-11.
- Bénéfice E., Barral H., Romo-Nunez Z. Ecologie de la santé et de la nutrition en Amazonie équatorienne (Province de Napo). I. Les Indiens Sionas-Sécoyas du Rio Aguarico. *Bull. Soc. Path. Ex.* 1989;82:531-543.
- Bidone E.D., Castilhos Z.C., Cid de Souza T.M., Lacerda L.D. Fish contamination and human exposure to mercury in the Tapajos river basin, Para state, Amazon, Brazil : a screening approach. *Bull. Contam. Toxicol.* 1997;59:194-201.
- Boudou A. and Ribeyre F. Mercury in the food web : accumulation and transfer mechanisms. In "Mercury and its effects on Environment and Biology", Metal ions in Biological systems, Sigel A. and Sigel H. edits, M. Dekker (NY), 1998;289-319.
- Branches F.J.P., Erickson T.M. Asks S.E., Hryhorczuk D.O. The price of gold : mercury exposure in the Amazonian rain forest. *Clin. Toxicology.* 1993;31(2):295-306.
- Buzina R., Stegnar P. et al. Dietary mercury intake and human exposure in an Adriatic population. *Sci. Total Environ.* 1995;170(3):199-208.
- Chan H.M., Kim C., Khoday K. et al. Assessment of dietary exposure to trace metals in Baffin Inuit food. *Environ. Health Persp.* 1995;103(7-8):740-746.
- Clarkson T.W. Mercury : Major issues in environmental health. *Environ. Health Persp.* 1992;100:31-38.
- Cordier S., Grasmick C. Etude de l'imprégnation par le mercure dans la population guyanaise. Rapport Réseau National de Santé Publique/ Direction Générale de la Santé. Déc. 1994. 28 p.
- Cordier S., Garel M. Risques neurotoxiques chez l'enfant liés à l'exposition au méthylmercure en Guyane française. Rapport Institut de Veille Sanitaire/Institut national de la Santé et de la Recherche Médicale. Avril 1999. 15p et annexes.
- Crooks D.L. Growth status of school-age Mayan children in Belize, Central America. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1994;93:217-227.
- Davidson P.W., Myers G.J., Cox C et al. Longitudinal neurodevelopmental study of Seychellois children following in utero exposure to methylmercury from maternal fish ingestion : outcomes at 19 and 29 months. *Neurotoxicology.* 1995;16(4):667-688.
- Doornbos L., Jonxis H.P., Visser K.A. Growth of bushnegro children on the tapanahony river in dutch Guyana. Reprinted from *Human Biology.* 1968;40(3):397-415.
- Feng Q., Suzuki Y., Hisashige A. Hair mercury levels of residents in China, Indonesia, and Japan. *Arch. Environ. Health.* 1998;53(1):36-43.
- Foldspang A., Hansen J.C. Dietary intake of methylmercury as a correlate of gestational length and birth weight among newborns in Greenland. *Am. J. Epidemiol.* 1990;132:310-317.
- Fréry N. Evaluation épidémiologique des effets des composants du tabac sur le développement staturopondéral du nouveau-né et sur les annexes fœtales. Thèse de Doctorat – Univ. Paris XI. 25 oct. 1993. 158 p.
- Fujita M., Takabatake E. Mercury levels in human maternal and neonatal blood, hair and milk. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1977;18:205-209.
- Girard M., Noel F., Dumont C. Varying mercury exposure with varying food source in a James Bay Cree community. *Arctic Med. Res.* 1996;55(2):69-74.
- Gopalan C. Small is healthy ? For the poor but not for the rich. *Bull. Nutr. Foundation of India.* Oct. 1983.
- Grandjean P., Weihe P., Needham H. et al. Relation of a seafood diet to mercury, selenium, arsenic, and polychlorinated biphenyl and other organochlorine concentrations in human milk. *Environ. Res.* 1995;71:29-38.
- Grenand P., Grenant F. Les amérindiens, des peuples pour la Guyane de demain. Ed. ORSTOM. 1990.
- Hamill P.V., Terence A.D., Johnson C.L. et al. Physical growth : National Center for Health Statistics percentiles. *Am. J. Clin. Nutrition.* 1979;32:607-629.
- Hurault. Les Indiens wayanas de la Guyane française. Ed. ORSTOM. 1961.

- Ikingura J.R., Agaki H. Monitoring of fish and human exposure to mercury due to gold mining in the lake Victoria goldfields, Tanzania. *Sci. Total Environ.* 1996;191(1-2):59-68.
- International Program on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 101 : Methylmercury. World Health Organization, Genève. 1990. 144 p.
- Lacerda LD, Salomons W. Mercury from gold and silver mining : A chemical time bomb ? Ed. Springer. 1998;85-90.
- Lebel J., Mergler D., Lucotte M., Amorim M., Dolbec J. et al. Evidence of early nervous system dysfunction in Amazonian populations exposed to low-levels of methylmercury. *Neurotoxicology.* 1996;16(4).
- Leino T, Lodenius M. Human hair mercury levels in Tucuruí area, State of Para, Brazil. *Sci. Total Environ.* 1995;175:119-25.
- Little B.B., Malina R., Buschanang P. DeMoss J.H., Little L.R. Genetic and environmental effects on growth of children from a subsistence agricultural community in Southern Mexico. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1986;71:81-87.
- Malm O., Branches F.J. et al. Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajós river basin, Brazil. *Sci. Total Environ.* 1995;175(2):141-150.
- Marsh. DO. Turner MD., Smith JC., Allen P., Richdale N. Fetal methylmercury study in a Peruvian fish-eating population. *Neurotoxicology.* 1995;16(4):717-726.
- McKeown-Eyssen G.E., Reudy J, Neims A. A methylmercury exposure in Northern Quebec. II. Neurological findings in children. *Am. J. Epidemiol.* 1983;118:470-479.
- Morel F.M.M., Kraepiel A.M.L., Amyot M. The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. *Annu. rev. Ecol. Syst.* 1998;29:543-566.
- Muckle G. Les effets chez le nouveau-né et l'enfant de l'exposition prénatale aux organochlorés et au mercure. *Bull. d'Info. en Santé Environ.* 1995;6(4):1-8.
- OMS. Mesure des modifications de l'état nutritionnel. Genève. 1983. 104 p.
- Oskarsson A., Schütz A., Skerfving S., Palminger Hallen I., Ohling B., Lagerkvist B. Total and inorganic mercury in breast milk and blood in relation to fish consumption and amalgam fillings in lactating women. *Arch. Environ. Health.* 1996;51(3):234-241.
- Phelps R., Clackson T. Interrelationship of blood and hair mercury concentrations in a North American population exposed to methylmercury. *Arch. Environ. Health.* 1980;35(3):161-168.
- Pitkin RM, Bahns JA. Filer Jr LJ et al. Mercury in human maternal and cord blood, placenta and milk. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1976;151:565-567.
- Rolland-Cachera M.F., Cole T.J., Sempé M., Rossignol C., Charraud A. Body mass index variations : centiles from birth to 87 years. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1991;45:13-21.
- Schoepf D. La marmite wayana. éd. ORSTOM. 1979. Genève.
- Schramel P., Lill G., Hasse S., et al. Mineral and trace element concentrations in human breast milk, placenta, maternal blood, and in the blood of the newborn. *Biol. Trace Elem. Res.* 1988;16:67-75.
- Sherlock J.C., Lindsay D.G., Hislop J.E., Evans W., Collier T.R. Duplication diet study on mercury intake by fish consumers in the United Kingdom. *Arch. Environ. Health.* 1982;37(5):271-278.
- Sigel A., Sigel H. Mercury and its effects on Environment and Biology. M Dekker (New York) : 1998.
- Simondon K. Le retard de croissance – Causes et conséquences. Mémoire pour l'habilitation à diriger des Recherches. Univ. Paris XI – Kremlin-Bicêtre. Fév. 1999. 75 p et annexes.
- Skerfving S. Mercury in women exposed to methylmercury through fish consumption, and in their newborn babies and breast milk. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1998;41:475-482.
- Stein E.D., Cohen Y., Winer A.M. Environmental distribution and transformation of mercury compounds. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 1996;26(1):1-43.
- Suzuki T. Advances in mercury toxicology. New York : plenum press. 1991:459-483.
- Westö G. Mercury and methylmercury levels in Swedish cow's milk and human milk. *Var Föda (résumé et tableaux en anglais)* 1973;25:122-123.
- WHO. Evaluation of certain food additives and contaminants. Thirty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food additives. WHO technical report series 776. 1989, Geneva. 80 p.
- WHO Working group. Use and interpretation of anthropometric indicators of nutritional status. *Bull. World Health Organ.* 1986;64:929-941.

ANNEXE 1



ANNEXE 2

Concentrations de mercure (mg/kg poids frais) dans les muscles de poissons carnivores dans des zones minières principalement. (source Lacerda 1998).

Site	Etendue des conc. de Hg	Auteurs
Rivières d'Amazonie non contaminées	< 0,17	Pfeiffer et al. (1989)
Paraiba do Sul River, SE Brésil	0,16 - 0,37	Lima et al. (1990)
Rivière Lerderberg, Victoria, Australie	0,03 - 0,64	Bycroft et al. (1982)
Région de Poconé, soil mining and tailings	0,06 - 0,68	Oliveira et al. (1990)
Rivière Cuyun, Guyana shield, Venezuela	0,07 - 0,86	Nico et Taphorn (1994)
San Juan River, Choco, Colombie	0,66 - 1,26	Codechoco (1991)
Rivière Madeira, aval de Porto Velho, zone minière	0,67 - 1,47	Malm et al. (1990)
<i>Rivière Haut Maroni et Tampoc Guyane</i>	<i>0,03 - 1,63</i>	<i>Fréry, Boudou et al. (1999)</i>
District minier de Carajas, SE Amazonie, Brésil	0,11 - 2,30	Lacerda et al. (1994)
Davao del Norte, Philippines	0,05 - 2,60	Torres (1992)
Rivière Madeira, amont de Porto Velho, zone minière	0,07 - 2,89	Martinelli et al. (1988)
Réservoir Tucurui, SE Amazonie, Brésil	0,99 - 2,90	Aula et al. (1994)
Rivière Teles Pires, région minière, S. Amazonie, Brésil	0,05 - 3,82	Farid (1991)
Rivière Negro, Amazonie, Brésil	? - 4,20	Malm et al. (1994)