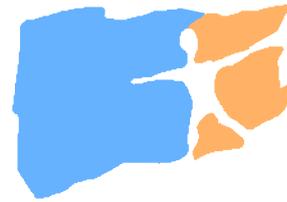




Agence française de sécurité sanitaire environnementale



Institut de Veille Sanitaire

**Journée scientifique
'Mercure en Guyane'
10 décembre 2004**

SOMMAIRE

Ouverture de la journée	1
1- Michèle FROMENT-VEDRINE Directrice Générale de l'AFSSE	
Bilan des connaissances générales	3
2- <i>Méthylmercure : données épidémiologiques</i> Nadine FRERY, InVS	
3- <i>Méthylmercure : normes et recommandations existantes (avis AFSSA, AESA)</i> Sophie GALLOTTI et Jean-Luc VOLATIER, AFSSA	
4- <i>Expositions professionnelles au mercure et aux composés inorganiques</i> Arlette PELTIER, Laboratoire de Chimie analytique minérale - Département métrologie des polluants - INRS	
5- <i>Classification du mercure comme substance reprotoxique</i> Christine CEZARD (CES Substances chimiques), Nathalie BONVALLOT (AFSSE), Annie LAUDET-HESBERT (INRS), Elodie PASQUIER (INRS)	
Le mercure en Guyane : qualité des milieux	3
6- <i>Le point sur les activités d'orpaillage anciennes et actuelles en Guyane et les risques de contamination au mercure</i> Philippe FREYSSINET, BRGM	
7- <i>Présentation du programme CNRS « Mercure en Guyane » (phases 1 et 2)</i> Laurent CHARLET (LGIT, Université de Grenoble), Régine MAURY-BRACHET (LEESA, Université de Bordeaux)	
Le mercure en Guyane : exposition des populations	3
8- <i>Projection du film « Mercure et santé, enquêtes épidémiologiques sur les fleuves de Guyane »</i>	
9- <i>Enquêtes d'imprégnation en population générale</i> Philippe QUENEL, InVS / Cire	
10- <i>Evaluation de l'exposition des travailleurs au mercure et proposition de solutions de prévention</i> Fabien GERARDIN, INRS – Département Ingénierie des Procédés	
Première discussion générale	3
11- Animation Jean François VIEL, Faculté de Médecine de Besançon	
Introduction aux travaux de l'après-midi	3
12- Gilles BRÜCKER Directeur Général de l'InVS	
Etudes similaires et éléments de gestion : expériences internationales (réduction de la charge environnementale en mercure, actions en direction des populations)	3
13- <i>Rendu du projet « Ghana et Orpaillage », décisions des autorités locales suite aux études menées</i> André RAMBAUD	
14- <i>Contexte, organisation, développement du projet et financement, impact du « Global Mercury Project »</i> ,	

information vers les populations locales, technologies et alternatives au mercure, formation des orpailleurs et de leurs familles

Christian BEINHOF, Responsable du Global Mercury Project à l'ONU

15- *Développement et utilisation du protocole d'évaluation d'impact sanitaire*

Stéphane BOESE O'REILLY, Institut de médecine légale, Ludwig Maximilians, Université de Munich

Etudes similaires et éléments de gestion

3

16- *Projet Brésil : résultat des enquêtes menées au Brésil, ateliers avec les communautés et résultats des conseils sur la consommation de poissons*

Marc ROULET, IRD Bolivie

17- *Projet Canada*

Claire LALIBERTÉ, Institut National de Santé Publique au Québec

18- *Les actions en cours en Guyane*

Eric GODARD (DSDS Guyane) et Jean-Pierre POLLET (CGSS Guyane)

Deuxième discussion générale : revue et expertise des différentes approches

3

19- Animation Marc ROULET, IRD Bolivie

Synthèse de la journée

3

20- Laurent CHAMBAUD

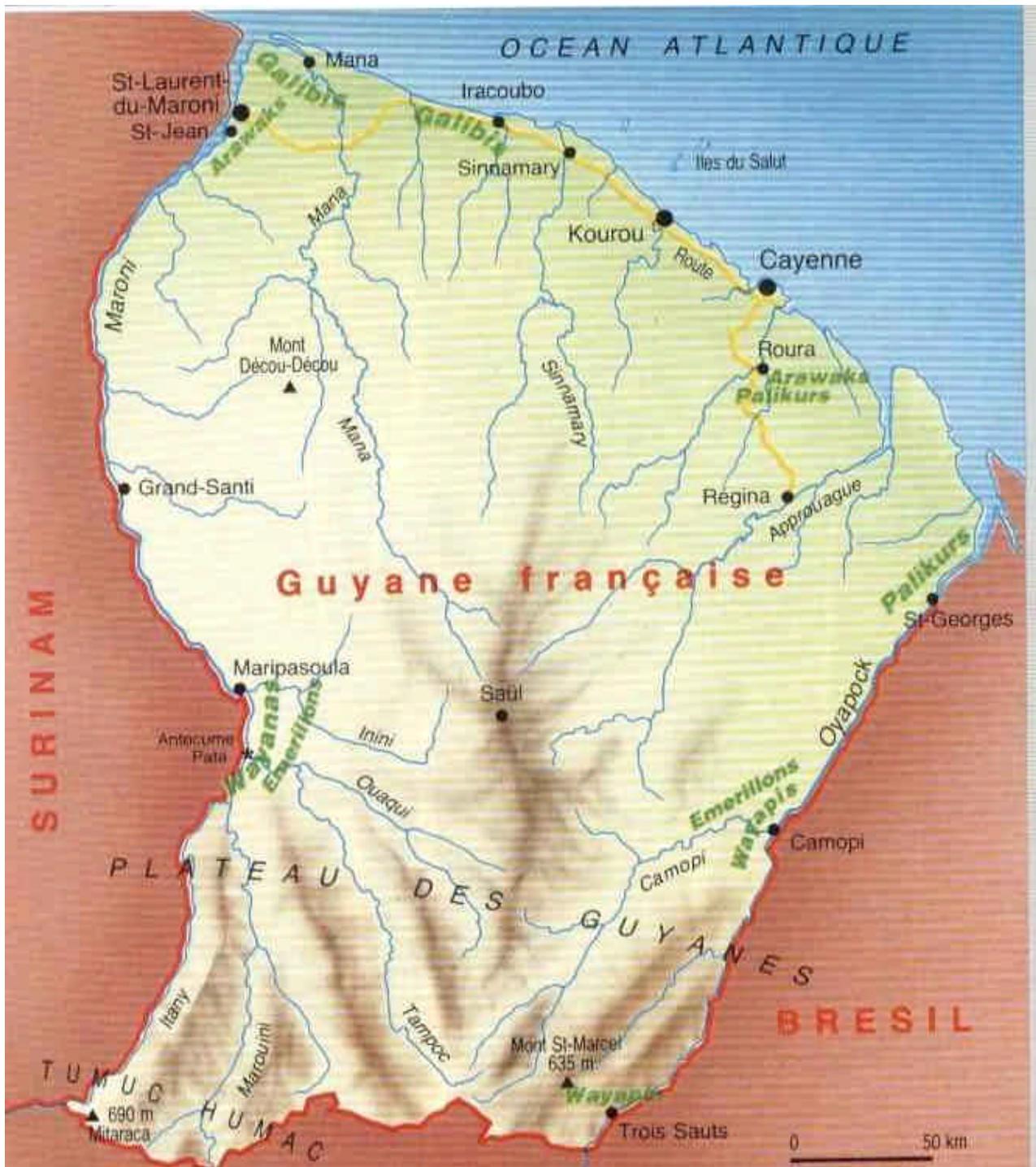
Président de la Société Française de Santé Publique

Cette journée scientifique « Mercure en Guyane » a été organisée conjointement par l'AFSSE et l'InVS.

Ce document a été :

- rédigé par UBICUS pour l'InVS, à partir des présentations et des discussions de la journée ;
- repris et modifié par Philippe Saviuc (Centre de Toxicovigilance, CHU Grenoble) pour l'AFSSE ;
- relu par Philippe Quénel (Cire Antilles-Guyane) et Eric Godard (DSDS Guyane).

Guyane



Glossaire

ACGIH :	American Conference of Industrial Hygienists
ADEME :	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AESA :	Autorité Européenne de Sécurité des Aliments
AFSSA :	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AFSSE :	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement
AGHTM :	Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux
ATSDR :	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BAMT :	Branches Alternative Movement Test
BAT :	Bundes Angestellten Tarifvertrag
BEH :	Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire
BGS :	British Geological Survey
BMD :	Benchmark Dose
BRGM :	Bureau de Recherche et de Géologie et Minière
CE :	Communauté Européenne
CEMAGREF :	CEntre national du MAchinisme, du Génie Rural, des Eaux et Forêts
CES :	Comité d'Expert Spécialisé
CIFRE :	Conventions Industrielles de Formation par la REcherche
CGSS :	Caisse Générale de Sécurité Sociale
CIRE :	Cellule Inter Régionale d'Epidémiologie
CMR :	Cancérogènes, Mutagènes, toxiques pour la Reproduction (reprotoxique)
CNRS :	Centre National de la Recherche Scientifique
COLCHIC :	Système de collecte de données recueillies par les laboratoires de chimie de l'INRS et des CRAM
CRAM :	Caisse Régionale d'Assurance Maladie
CSHPF :	Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France
DDST :	Denver Developmental Screening Test
DGS :	Direction Générale de la Santé
DHTP :	Dose Hebdomadaire Tolérable Provisoire
DIREN :	Direction Régionale de l'Environnement
DJT :	Dose Journalière Tolérable
DRIRE :	Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de Environnement
DRTEFP :	Direction Régionale du Travail, de l'Emploi et de la Formation Professionnelle
DRRT :	Délégation Régionale à la Recherche et à la Technologie
DSDS :	Direction de la Santé et de Développement Social
ECB :	European Chemicals Bureau
EFSA :	European Food Safety Authority = AESA
FDA :	Food and Drug Administration
FEDER :	Fonds européen de développement régional
FSA :	Food Standard Agency
GEF :	Global Environmental Facilities
Hg :	mercure
Hg-T :	mercure total
INCA :	étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires
INRS :	Institut National de Recherche et Sécurité
INSEE :	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
INSERM :	Institut National de Santé et de la Recherche Médicale
InVS :	Institut de Veille Sanitaire
IRD :	Institut de Recherche et Développement
ISO :	International Standards Organization
LEESA :	Laboratoire d'Ecophysiologie et Ecotoxicologie des Systèmes Aquatiques
LGIT :	Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique
mcg :	microgramme
MeHg :	méthylmercure
mg/kg pf :	milligramme par kilogramme de poids frais
µg/g :	microgramme par gramme = ppm
µg/L :	microgramme par litre
µg/m ³ :	microgramme par mètre cube
µg/kg pc :	microgramme par kilogramme de poids corporel

NRC :	National Research Council
OCHA :	Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (United Nation)
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé = WHO
ONF :	Office National des Forêts
ONUDI :	Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel = UNIDO
P95 :	95 ^e percentile d'une distribution
PCB :	PolyChloroBiphényles
PNNS :	Programme National de Nutrition Santé
ppm :	partie par million = µg/g
RfD :	Reference Dose
RIMA :	Régiment d'Infanterie de Marine
RIVM :	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Netherlands Environmental Assessment Agency)
RNSP :	Réseau National de Santé Publique
SCDS :	Seychelles Child Development Study
SIG :	Système d'Information Géographique
SPSS :	Statistical Package for the Social Sciences
UNDF :	United Nation Development Fund
UNIDO :	United Nations industrial Development Organization = ONUDI
US-EPA :	United States-Environmental Protection Agency
VTR :	Valeur Toxicologique de Référence
WHO :	World Health Organisation = OMS

Note. Le mercure existe sous 3 formes physico-chimiques qui possèdent des propriétés de pénétration dans l'organisme différentes, et qui sont responsables d'effets toxiques différents :

- mercure métallique = mercure élémentaire ;
- mercure organique ;
- mercure inorganique = dérivés minéraux du mercure.

Ouverture de la journée

Michèle FROMENT-VEDRINE
Directrice Générale de l'AFSSE

En juillet 2003, l'AFSSE a fait l'objet d'une saisine par les ministres en charge de la Santé, et de l'Ecologie et du Développement durable, suite à la parution d'un certain nombre d'articles dans les journaux et à l'émergence d'une polémique importante. Cette saisine faisait également suite à une visite de terrain de Madame Bachelot, au cours de laquelle elle avait été prise à partie par un certain nombre d'associations.

La commande qui avait été transmise à l'AFSSE comportait trois volets :

- dresser un bilan des études menées depuis 2001, date de la publication de l'expertise collective conduite par l'IRD, intitulée « *Le mercure en Amazonie : rôle de l'homme et de l'environnement, risques sanitaires* », et organiser une journée scientifique (celle d'aujourd'hui) en étroite collaboration avec l'InVS et l'ensemble des organismes de recherche intéressés, afin de proposer des recommandations permettant d'aider les administrations à gérer efficacement les risques sanitaires liés au mercure en Guyane ;
- développer un argumentaire afin de faire reconnaître le mercure comme substance reprotoxique;
- évaluer un rapport commandé par la DG Entreprises de la Commission européenne dans le cadre du développement de la stratégie communautaire sur le mercure, stratégie portant sur l'ensemble du cycle de vie du mercure, y compris les aspects du commerce international et de réduction de l'offre et de la demande en mercure.

Concernant le bilan des études, une note d'étape a été réalisée par l'AFSSE et l'InVS en décembre 2003. Une synthèse comportant un certain nombre de recommandations et une foire aux questions a été publiée sur le site de l'AFSSE en juin 2004.

Concernant la classification du mercure, les travaux (presque finalisés) du Groupe de travail rattaché au Comité d'experts spécialisés « Substances chimiques » de l'AFSSE, mis en place avec le concours de l'INRS, vous seront présentés aujourd'hui.

Comme vous le savez tous, les risques sanitaires liés au mercure peuvent constituer une menace grave pour certaines populations encore particulièrement exposées. Cette toxicité du mercure est connue depuis des épisodes historiques d'intoxication massive (notamment Minamata), puis grâce à des enquêtes épidémiologiques qui ont permis de préciser les effets sanitaires d'expositions plus diffuses.

En Guyane, les activités d'orpaillage et le fond géochimique conduisent à des niveaux d'exposition de certaines populations qui suscitent des questions de la part d'acteurs de santé publique, des pouvoirs publics et des populations concernées.

J'espère que cette journée permettra de répondre à quelques-unes de ces interrogations.

Nous avons construit le programme de cette journée avec l'InVS de façon à couvrir l'ensemble de la problématique « Mercure en Guyane », y compris depuis la publication récente des travaux de l'INRS sur les expositions professionnelles en Guyane.

Il nous a semblé essentiel de vous faire partager plusieurs expériences internationales concernant l'évaluation de l'impact sanitaire et environnemental des activités d'orpaillage en invitant les équipes impliquées dans le grand projet de l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI), dont certaines sont françaises, et en apportant un éclairage sur les expériences déjà menées au Québec, au Ghana et au Brésil notamment, en matière de conseils relatifs à la réduction de la consommation de poissons.

Je remercie bien sûr tous les participants et intervenants. Je salue la participation des nombreux ministères concernés (Ecologie, Santé, Industrie et Outre-Mer). Cette journée rassemble aussi trois agences, l'AFSSE, l'InVS et l'AFSSA.

Je ne doute pas que Gilles Brücker, qui nous rejoindra à nouveau cette après-midi, trouvera les débats très riches : ils constitueront une contribution significative à la journée que le préfet de Guyane souhaite organiser en juin 2005 avec l'ensemble des acteurs locaux. Cet événement aura sans doute une visée de vulgarisation vis-à-vis des populations, mais cette évaluation doit s'appuyer sur une évaluation scientifique incontestable.

Cette journée scientifique donnera lieu à la réalisation d'un CD-Rom, en commun avec l'InVS, au cours du premier trimestre 2005, afin d'assurer une diffusion des travaux qui y seront présentés. Il inclura une synthèse qui sera réalisée avec le soutien du Docteur Saviuc.

Pour finir, je voudrais remercier nos hôtes étrangers qui ont accepté de venir, parfois dans des conditions difficiles.

Bons et fructueux travaux !

Bilan des connaissances générales

Méthylmercure : données épidémiologiques

Nadine FRERY

InVS

1. Episodes d'intoxication massive

Les premiers épisodes d'intoxication massive au mercure se sont produits au Japon, dans les années 50 et 60, à Minamata et à Niigata. Dans le premier cas, du mercure (Hg), qui avait été utilisé comme catalyseur, avait été déversé par l'industrie de Chisso dans la baie de Minamata de façon massive (81 tonnes entre 1932 et 1968), provoquant ainsi l'intoxication de la population par la consommation de poissons. 21 000 plaintes avaient été déposées, 3 000 personnes étaient tombées malades (« maladie de Minamata »), et 600 décès avaient été déplorés. A ce bilan s'ajoutent 22 cas documentés d'enfants exposés *in utero*. Outre la mort de poissons et d'oiseaux marins, les chats présentaient également des premiers effets liés à l'intoxication par le mercure : démarche « ébrieuse », comportement s'apparentant à une « danse », si bien qu'on a parlé de « maladie des chats dansants ».

Par ailleurs, douze cas d'intoxication ont été observés en Russie (par la consommation de grains traités), en Suède (par la consommation de porridge à base de farine traitée) et au Nouveau Mexique entre 1968 et 1972.

Enfin, au cours des hivers 1971 et 1972 en Iraq, d'autres cas ont été recensés, suite à la consommation de pain fabriqué à partir de farine de blé traité par des fongicides au méthylmercure. Ce fut un épisode d'intoxication massive : 50 000 personnes exposées, 6 500 hospitalisées, 459 morts et 81 cas d'intoxication du couple mère-enfant bien documentés.

2. Maladie de Minamata

Chez les adultes, l'intoxication au mercure s'est traduite par des atteintes neurologiques localisées : paresthésies (premières atteintes), tremblements, constriction du champ visuel, troubles auditifs et du langage, troubles de la coordination (ataxie).

Chez les enfants, l'atteinte neurologique était beaucoup plus diffuse : paralysie cérébrale, convulsions, altération des réflexes, retard mental (pouvant être sévère), perte d'audition et/ou de vision (pouvant aller jusqu'à la surdité et la cécité), microcéphalie. Cependant, on n'a pas observé de malformations autres que neurologiques (malformations digestives ou des membres, par exemple, comme cela avait été rapporté en Guyane). On a diagnostiqué des maladies de Minamata congénitales, avec de sévères altérations du développement de l'enfant, alors que la mère ne présentait pas ou présentait peu de symptômes pendant la grossesse. Des effets plus marquants ont été observés chez les garçons.

A Minamata, il s'agissait d'une exposition chronique importante de longue durée (de l'ordre de quelques années). Les données d'exposition, à l'époque, étaient incertaines, compte tenu du temps de latence. Cependant, on a pu définir cette maladie d'un point de vue clinique.

En Iraq, l'exposition était importante mais de courte durée (de quelques semaines à quelques mois). Les mesures de mercure dans le sang ont montré une chute rapide des concentrations après l'arrêt de l'exposition. Les dosages dans les cheveux ont permis de récapituler l'exposition sur la durée.

L'épisode iraquien a permis d'établir une relation dose-effet, qui a été utilisée par la suite pour mettre en place une dose de référence (RfD). Les concentrations de mercure étaient associées au retard de développement de l'enfant (en ce qui concerne l'âge des premiers pas, des premiers mots, et au niveau du score neurologique), pour un dosage supérieur à 10 ppm dans les cheveux de la mère. Chez les adultes, les premiers effets étaient des paresthésies, absentes en dessous de 50 ppm dans les cheveux.

Par ailleurs, on avait constaté des effets neurologiques aux fortes doses, chez l'adulte et chez l'enfant. Mais qu'en est-il pour une exposition chronique moins importante au méthylmercure, comme la consommation régulière de poissons ? Peut-on mesurer des effets neurologiques plus fins ? Pour répondre à ces questions, des études avaient été recommandées, permettant d'établir une relation quantitative dose-effet d'une exposition au mercure *in utero*.

3. Etudes épidémiologiques

a. Types d'études

Les études épidémiologiques sont relativement récentes. Elles datent d'une vingtaine d'années, et ont porté sur des populations consommatrices de poissons. Ces situations correspondent à des expositions à faible dose, constantes et débutant *in utero*.

Des études transversales ont été réalisées avec de petits effectifs, mais les effets sévères sont trop rares pour être observés avec de si petits effectifs et pour de telles expositions.

D'autres études se sont focalisées sur les atteintes précoces du système nerveux, et non sur la présence de signes de la maladie de Minamata. Des cohortes ont été réalisées, dont deux avec de grands effectifs : les études des Îles Seychelles et Féroé. Ainsi, pour la quasi-totalité des études menées sur le mercure, on retrouve essentiellement les travaux de deux équipes : l'équipe de l'Université de Rochester aux Etats-Unis et l'équipe des études Féroé, du Danemark.

b. Relation entre les concentrations de mercure et les tests neuro-développementaux

S'agissant des relations entre les concentrations de mercure et les tests neuro-développementaux, l'équipe de Rochester, qui à l'origine avait travaillé en Iraq, n'a quasiment jamais observé d'effets. L'utilisation de batteries de tests assez grossiers pourrait expliquer ces résultats. L'équipe De Rochester (SCDS) a par la suite utilisé les tests qui avaient été développés pour les Îles Féroé.

L'équipe Féroé avait réalisé des études à Madère, au Brésil, et dans les Îles Féroé.

D'autres équipes (au Canada, en Guyane Française, en Equateur, en Nouvelle-Zélande et aux Philippines) ont également observé des relations entre les concentrations de mercure et des troubles neuro-développementaux.

c. Indicateurs d'exposition utilisés

Des indicateurs d'exposition prénatale ou post-natale au mercure ont été utilisés dans ces études.

Les concentrations de mercure ont été dosées dans les cheveux de la mère. C'est l'indicateur le plus fréquemment utilisé. Il est exprimé en partie par million (ppm), ce qui correspond à des microgrammes de mercure par gramme de cheveux ($\mu\text{g/g}$).

Dans l'ensemble des études récentes, les moyennes sont généralement inférieures à 10 ppm ; en Amazonie, les concentrations moyennes sont légèrement plus élevées et peuvent atteindre 15 ppm.

Les concentrations de mercure peuvent également être dosées dans les cheveux du nourrisson (exposition prénatale) et de l'enfant (exposition post-natale), mais aussi dans le sang du cordon (reflétant l'exposition du dernier trimestre de grossesse, avec des valeurs exprimées en $\mu\text{g/L}$, étant précisé que pour l'équipe des Îles Féroé, cet indicateur serait le plus prédictif des effets sanitaires), ainsi que dans le sang de la mère.

Dans ces études, les niveaux d'exposition sont sensiblement inférieurs à ceux observés en Iraq ou à Minamata. Ces différentes études soulignent par ailleurs l'importance de l'exposition prénatale.

d. Effets sanitaires

Aucun retard neurologique sévère et aucune altération sévère du développement, en relation avec la consommation de poissons, n'ont été observés. Cependant, des effets subtils sur le développement ont pu être mis en évidence, à l'aide d'une batterie de tests et d'examens : examens neurologiques, examens neurophysiologiques (potentiels évoqués...), examens neuropsychologiques à des âges différents et, enfin, tests de dépistage. Quelques études transversales font état d'effets variés, ce qui complique l'interprétation des résultats. On observe des changements des fonctions auditives et visuelles et du contrôle moteur fin, ainsi que quelques troubles cognitifs (mémoire, langage, organisation visio-spatiale...).

Au Canada, la première étude qui avait été réalisée dans une population autochtone d'Amérindiens Cris avait montré des résultats équivoques : on observait des réflexes ostéo-tendineux anormaux chez les garçons, mais aucune relation dose-effet n'était mise en évidence.

Au Pérou, les tests utilisés (les mêmes que ceux de l'Iraq) étaient assez grossiers. Aucune observation probante n'a pu être faite.

En ce qui concerne les effets neurophysiologiques, on a observé :

- un temps de latence dans l'apparition des pics des potentiels auditifs dans l'étude réalisée en Equateur ;
- des déficits des fonctions auditives et visuelles dans l'étude réalisée à Madère ;
- des modifications des potentiels évoqués auditifs dans l'étude réalisée aux Îles Féroé.

On a également mis en exergue des relations entre les concentrations de mercure et l'organisation visio-spatiale, l'attention et la motricité (au Brésil et en Guyane française). Compte tenu du faible effectif des populations, ces études ont inclus des enfants dont l'âge s'étalait de 9 mois à 12 ans ; les évaluations ont été conduites avec des batteries de tests assez différents. Une augmentation des réflexes ostéo-tendineux a été observée chez les garçons.

En ce qui concerne les Philippines, des liens avec les fonctions cognitives et le langage ont pu être mis en évidence. En Nouvelle-Zélande, des relations avec les performances scolaires, le quotient

intellectuel, le langage, les capacités visio-spatiales et la motricité des enfants ont été observées. Aux Îles Féroé, des relations ont été mises en exergue entre les concentrations en mercure même inférieures à 10 ppm et des retards neuro-développementaux.

4. Les deux principales cohortes

a. Des résultats contradictoires

Les deux études les plus documentées, celles de SCDS (Îles Seychelles) et de l'équipe Féroé, présentent des résultats contradictoires puisqu'une relation est mise en évidence dans la seconde étude mais pas dans la première. Ces deux études ont porté sur des effectifs élevés, présentaient un bon *design*, prenaient en compte de nombreux facteurs de confusion, et portaient sur des populations fortement consommatrices de produits de la mer.

L'exposition prénatale au méthylmercure (MeHg) est par ailleurs légèrement différente : 4 ppm (SCDS) contre 6 ppm (Féroé). D'autres différences doivent être mentionnés :

- le mercure avait été dosé dans les cheveux de la mère aux Îles Seychelles, et dans le sang du cordon aux Îles Féroé ;
- aux Îles Seychelles, la consommation de produits de la mer est fréquente (12 repas de poissons par semaine, avec de faibles concentrations de mercure) ; aux Îles Féroé, en revanche, les consommations de poissons sont moins fréquentes, mais les baleines, qui contiennent de fortes concentrations de mercure, sont consommées de manière épisodique. Ajoutons que la baleine présente des concentrations en PCB qui peuvent aussi altérer le neuro-développement. Quoiqu'il en soit, les auteurs ont tenu compte de ces PCB et malgré cela, la relation entre concentration de mercure et troubles neuro-développementaux persiste.
- dans les deux cas, des examens explorant le neuro-développement ont été réalisés à plusieurs reprises après la naissance, selon des séquences différentes :
 - 5 fois aux Îles Seychelles (à 6, 19, 29, 66 et 107 mois), avec 3 heures de tests ;
 - 2 fois aux Îles Féroé, à 7 et 14 ans, avec 5 heures de test.

Aux Îles Seychelles, les chercheurs ne disposaient pas de tests suffisamment fins, et ont utilisé le Denver Developmental Screening Test (DDST). Des tests plus fins ont été utilisés par la suite. Des critiques ont également été portées sur le moment de la réalisation des tests : il semblerait qu'il soit préférable de les réaliser autour de l'âge de sept ans, qui correspond à une phase relativement stable du développement cognitif. Aussi, les tests réalisés à 66 mois ou à 107 mois sont soit trop prématurés, soit trop tardifs.

b. Conclusion des deux études

Pour l'US-EPA, l'ATSDR et le NRC, ces deux études sont néanmoins de qualité, au-delà des critiques qui peuvent leur être adressées. En particulier, elles ont des conclusions valides au regard des populations étudiées. L'hypothèse émise est que les effets seraient différents sur le système nerveux central selon que l'on ait des pointes de consommation de mercure sur de courtes périodes (étude Féroé, où la consommation de baleines est épisodique), ou de faibles doses ingérées

continuellement (étude Seychelles). Aux Îles Seychelles, par ailleurs, il faut tenir compte de l'effet protecteur des oméga 3 et du sélénium apportés par la consommation régulière de poissons.

Les effets observés dans le cadre des études Féroé et Nouvelle-Zélande ont été utilisés pour construire la nouvelle dose de référence de l'US-EPA. Aux Îles Féroé, le doublement de l'exposition au mercure correspondrait à un retard de deux mois du développement de plusieurs fonctions.

Outre les effets neuro-développementaux de l'exposition au mercure sur le neuro-développement, des effets cardiovasculaires ont été montrés dans l'étude Féroé chez les enfants âgés de 7 ans : on a observé une relation entre les concentrations de mercure mesurés sur le sang du cordon (correspondant à une exposition prénatale), et le rythme cardiaque et la pression artérielle.

5. Effets chez l'adulte

Plusieurs études ont été réalisées en Amazonie, avec des concentrations médianes de mercure chez l'adulte de 12 à 14 ppm, ce niveau pouvant atteindre 40 ppm. Dans certaines d'entre elles, des relations dose-effet ont été mises en évidence avec la motricité (coordination et rapidité des mouvements fins), la perte de sensibilité aux contrastes visuels et l'organisation des mouvements (test de coordination BAMT) pour des concentrations dans les cheveux supérieures à 20 ppm. Ainsi, des effets chez l'adulte sont possibles en dessous du seuil de 50 ppm établi auparavant à partir des études réalisées en Iraq.

Donna Mergler a mis en évidence au Brésil un continuum de détériorations des fonctions du système nerveux associées à l'exposition au mercure chez l'adulte, avec :

- une atteinte des fonctions visuelles, somatosensorielles et motrices pour des concentrations avoisinant les 6 ppm ;
- des mouvements désorganisés sur le test de coordination motrice aux alentours de 20 ppm ;
- des paresthésies au-delà de 50 ppm ;
- la « maladie de Minamata » au-delà de 100 ppm.

6. Conclusions

Le rôle des scientifiques est d'informer les autorités sanitaires des niveaux d'exposition de mercure pouvant conduire à des effets néfastes pour la santé, afin de réduire le risque. Malheureusement, pendant plusieurs années, des institutions (US-EPA, ATSDR, FDA, OMS, RIVM) ont interprété différemment ces résultats, ce qui a alimenté la confusion.

- des effets neurologiques existent-ils ? Aujourd'hui, la preuve d'un déficit neurologique grave n'a pas été apportée. On observe néanmoins une baisse des performances aux tests neuropsychologiques, ainsi qu'une baisse des performances scolaires liée à l'imprégnation par le mercure ;
- ces effets sont-ils réversibles ? On sait aujourd'hui que les effets d'une exposition prénatale restent encore visibles à 14 ans ;

- existe-t-il un seuil ? On sait également, aujourd'hui, que des effets sont observés en dessous d'une concentration de 10 ppm dans les cheveux. Ces seuils établis à partir de benchmark-doses peuvent différer. Par exemple, Crump, qui a re-analysé l'étude de Nouvelle-Zélande, a montré que la probabilité d'avoir 5 % à 10 % de retard était corrélée à une concentration de 7,4 à 10 ppm. En Iraq, Rice a considéré les cas de retard à la marche et identifié un seuil critique de 11 ppm. Murata a retenu un seuil de 9,5 ppm.

Signalons, pour finir, que les niveaux d'exposition des populations d'Amazonie et de Guyane sont parmi les plus élevés.

Méthylmercure : normes et recommandations existantes (avis AFSSA, AESA)
Sophie GALLOTTI et Jean-Luc VOLATIER
AFSSA

Sophie GALLOTTI

L'AFSSA a été saisie en janvier 2002 par la Direction Générale de la Santé pour évaluer les risques sanitaires liés à l'exposition au méthylmercure d'origine alimentaire des femmes enceintes et des enfants en bas âge de la population métropolitaine. Elle a rendu son avis le 21 octobre 2002.

En juin 2003, le Comité de l'OMS sur les additifs et les contaminants a revu la valeur toxicologique de référence du méthylmercure. L'AFSSA a alors revu son évaluation : un nouvel avis a été publié le 16 mars 2004.

1. Principes d'évaluation du risque alimentaire

Quatre phases sont successivement abordées :

- l'identification des dangers ;
- la sélection des valeurs toxicologiques de référence (DJT, excès de risque sanitaire...) ;
- l'estimation de l'exposition de la population visée par voie alimentaire ;
- l'évaluation du risque alimentaire.

L'identification des dangers

Il s'agit d'analyser l'ensemble des données toxicologiques, épidémiologiques et cliniques, et d'identifier l'effet critique. Pour le méthylmercure, les données disponibles sont convergentes : le méthylmercure provoque des atteintes neurologiques, particulièrement chez le fœtus.

La sélection des valeurs toxicologiques de référence (DJT, excès de risque unitaire...)

Différentes instances nationales et internationales ont cherché à définir des valeurs de référence, qui se fondent sur des données toxicologiques et épidémiologiques. Selon les coefficients de sécurité et les facteurs d'incertitude choisis, on aboutit à différentes valeurs. L'AFSSA, après avoir examiné l'ensemble de ces propositions, a retenu celle de l'OMS qui fixe une dose hebdomadaire tolérable provisoire (DHTP) à 1,6 µg/kg de poids corporel.

L'estimation de l'exposition par voie alimentaire de la population visée

Le mercure est présent dans l'environnement sous différentes formes. La forme méthylée est hautement toxique et capable de bio-accumulation. La voie prépondérante d'exposition est la consommation de poissons, dans la mesure où le mercure est présent essentiellement sous forme méthylée dans les poissons.

Deux types de données sont nécessaires pour évaluer l'exposition : les données de contamination sur les produits de la pêche consommés par la population visée ; les données de consommation de poisson par la population.

L'évaluation du risque alimentaire

Cette dernière étape permet la caractérisation du risque.

2. Estimation de l'exposition au méthylmercure

a. Données de contamination (Jean-Luc VOLATIER)

On s'est intéressé, non pas à la consommation moyenne, mais aux forts consommateurs de produits contenant potentiellement du mercure. Dans notre évaluation de risque, nous avons tenu compte de l'exposition cumulative *via* les différents aliments vecteurs (poissons de rivière, poissons d'eau douce, poissons de mer, mollusques, crustacés, oursins...).

Pour cela, il nous fallait des enquêtes désagrégées à l'échelle la plus fine possible. Deux enquêtes ont été utilisées :

- ***l'étude nationale INCA 1999***

Cette étude portait sur une population de 1 474 adultes de 15 ans et plus et 1 018 enfants de 3 à 14 ans. La méthode utilisée est basée sur les carnets de consommation alimentaire de 7 jours, avec des aliments codifiés en 869 aliments génériques différents, dont 89 variétés de produits de la mer.

Ces données sont certes très précises, mais l'étude a tendance à surestimer les pics de consommation. Cette limite a été soulevée par de nombreuses équipes et institutions (agence néo-zélandaise et australienne, FDA...). En outre, cette étude présentait le biais de ne sélectionner, parmi les consommateurs, que ceux qui avaient consommé, dans la période considérée, des aliments vecteurs potentiels de méthylmercure.

- ***l'étude nationale nourrissons et enfants SOFRES-Alliance de 1997***

Cette étude portait sur une population de 658 enfants, sur un carnet de consommation de 3 jours. La courte durée induit des surestimations de consommation et d'exposition pour les percentiles élevés.

b. Données de contamination (Sophie GALLOTTI)

Le méthylmercure est difficilement excrété par les organismes vivants ; il est présent à faible concentration dans les milieux, dans l'eau et dans les sédiments. En raison de sa propriété de bio-accumulation, les poissons en bout de chaîne, et donc les prédateurs, présentent des niveaux de concentration en méthylmercure plus élevés.

Afin d'étudier l'influence du type de poisson consommé, deux catégories de poissons ont été définies, conformément au règlement européen CE 466/2001 :

- les poissons prédateurs (requin, espadon, thon...);
- les poissons non prédateurs (cabillaud, colin, congre...).

Le règlement CE 466/2001 fait état de deux valeurs réglementaires pour les teneurs maximales en Hg-T :

- dans les produits de la pêche : 0,5 mg/kg de poids frais ;
- sauf pour certaines espèces, où l'on retient 1 mg/kg de poids frais.

Notons que le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), en 1996, avait déjà recommandé ces valeurs.

Comme le montre le tableau des niveaux de contamination en méthylmercure (données recueillies entre 1996 et 2002) par famille de produits de la pêche, les poissons prédateurs présentent une concentration moyenne en méthylmercure cinq fois plus élevée que les poissons non prédateurs. Parmi l'échantillon de poissons prédateurs, environ 3 % présentent une concentration dépassant la limite réglementaire.

Niveaux de contamination en Me-Hg (données recueillies entre 1996 et 2002) par famille de produits de la pêche (mg/kg pf)

Catégorie	Nombre d'éch.	Concentration moyenne mg/kg	Ecart-type	Concentration médiane mg/kg	Concentration au 95 ^{ème} percentile mg/kg	Concentration mini-maxi mg/kg
Poissons prédateurs	650	0,259	0,348	0,163	0,774	0,002- 3,698
Poissons non prédateurs	1090	0,051	0,055	0,035	0,154	0,001- 0,737
Mollusques bivalves	661	0,015	0,026	0,011	0,029	0,001-0,578
Crustacés	27	0,048	0,033	0,037	0,098	0,004-0,142
Céphalopodes	22	0,039	0,025	0,036	0,082	0,002-0,095
Echinodermes et Gastéropodes	6	0,02	0,006	0,02	0,029	0,015-0,033

c. Caractérisation de l'exposition au méthylmercure (Jean-Luc VOLATIER)

Pour estimer l'exposition au méthylmercure, on a utilisé deux méthodes : une méthode dite « déterministe classique » et une approche probabiliste.

La méthode déterministe classique

Cette première méthode consiste à procéder au croisement des données de consommation des consommateurs au niveau individuel avec les niveaux de contamination moyens de mercure et de méthylmercure.

Elle se fonde sur l'hypothèse implicite suivante : les consommateurs sont exposés, sur une longue période, à des produits de la mer contaminés à un niveau moyen. On ne tient donc pas compte des populations qui seraient exposées systématiquement à des aliments plus contaminés que la moyenne.

Quels sont les résultats de cette première méthode ? Le risque de dépassement de la DHTP de 1,6 µg/kg de poids corporel par semaine est élevé dans la population adulte (au 95^{ème} percentile). Chez les enfants ou chez les jeunes enfants, on observe un dépassement de cette DHTP au percentile élevé (au 95^{ème} percentile).

L'approche probabiliste

L'approche probabiliste consiste à croiser les distributions statistiques de consommation de différentes espèces de poissons et produits de la mer avec les distributions des niveaux de contamination au mercure et au méthylmercure (méthode de Monte Carlo).

Elle repose sur l'hypothèse sous-jacente suivante : les consommateurs sont exposés, sur une longue période, à des produits de la mer contaminés à des niveaux variables dans le temps selon une loi de probabilité estimée par les distributions empiriques observées par les plans de surveillance. Par ailleurs, on attribue les concentrations à chaque acte de consommation de façon aléatoire.

Les résultats obtenus par l'approche probabiliste sont proches de ceux obtenus dans le cadre de la méthode déterministe classique. En particulier, la probabilité de dépasser la DHTP de 1,6 µg/kg de poids corporel par semaine est forte chez les jeunes enfants. La catégorie des femmes en âge de procréer a été tout particulièrement prise en compte : 2,8 % des femmes en âge de procréer dépassent la DHTP ; il s'agit de consommatrices de poissons prédateurs. Notons qu'il n'y a pas d'intervalle de confiance, dans la mesure où ces données portent sur un échantillon réduit (9 personnes).

d. Etudes de sensibilité

Les deux approches (déterministe et probabiliste) ont peu d'influence sur les résultats obtenus en ce qui concerne le dépassement potentiel de DHTP pour le méthylmercure. Cette hypothèse a été validée par une autre étude (Tressou *et al.*, Eurotox 2003).

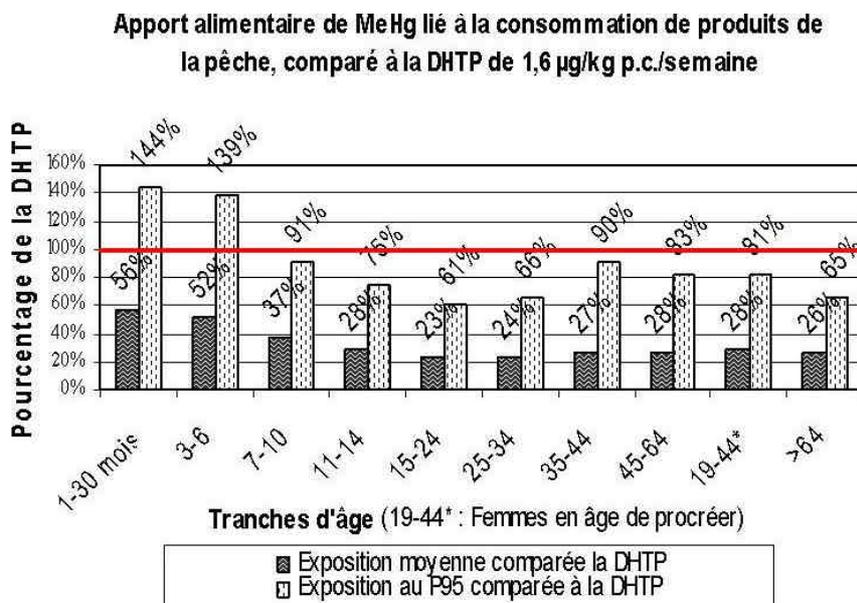
En revanche, il apparaît clairement qu'il existe des agrégations plus ou moins fortes des catégories de poissons et produits de la mer. En particulier, les plans de surveillance sur-représentent les espèces de poissons les plus susceptibles d'être les plus fortement contaminés. Ces plans ne sont donc pas représentatifs de l'ensemble de la consommation de poisson. D'où la nécessité de tenir compte des niveaux les plus fins (données désagrégées par espèce) qui sont plus réalistes.

Que peut-on conclure sur l'estimation de l'exposition alimentaire au méthylmercure ? :

- il apparaît que la consommation moyenne de produits de la mer n'entraîne pas de dépassement de la DHTP, quelle que soit la classe d'âge considérée ;
- l'exposition étant rapportée au poids des individus, les enfants consommant plus de poissons au regard de leur poids par rapport aux adultes, leur exposition est systématiquement plus élevée que celle des adultes ;

- la consommation de poissons d'élevage entraîne une exposition au méthylmercure inférieure à celle de poissons sauvages, et la consommation de mollusques bivalves a une influence négligeable sur le niveau d'apport en méthylmercure.

L'étude probabiliste confirme les résultats de l'approche classique : au 95^e percentile, les risques de dépassement de la DHTP sont plus élevés pour les enfants âgés de 1 à 30 mois et de 3 à 8 ans ; ils sont négligeables pour les adultes et les femmes en âge de procréer.



3. Recommandations de l'AFSSA (Sophie GALLOTTI)

a. Pour la population générale métropolitaine

Compte tenu des habitudes alimentaires de la population française métropolitaine, et du fait que le poisson est une source importante d'acides gras essentiels, la recommandation du Programme National Nutrition Santé (PNNS) n'a pas été remise en cause. Il est recommandé de consommer du poisson au moins 2 fois par semaine, sans oublier les poissons gras.

b. Pour les femmes enceintes et allaitantes

Compte tenu de la sensibilité particulière du système nerveux central à l'action toxique du méthylmercure, et de ses effets sur le développement du fœtus, l'AFSSA recommande aux femmes enceintes et allaitantes de veiller à ne pas consommer plus de 150 grammes de poissons prédateurs sauvages par semaine en plus de leur consommation habituelle de poissons non prédateurs.

c. Pour les enfants en bas âge

L'AFSSA recommande de veiller à ce que les enfants en bas âge ne consomment pas plus de 60 grammes de poissons prédateurs sauvages par semaine en plus de leur consommation habituelle de poissons non prédateurs.

4. Autres évaluations

D'autres institutions et organismes ont procédé à différentes évaluations : l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (AESA) en février 2004, la Food Standard Agency (Royaume-Uni) en mars 2004, l'US-EPA et la FDA (Etats-Unis) en mars 2004, la FSA australienne en mars 2004, sans oublier l'avis de Santé Canada en mai 2002.

En février 2004, l'AESA a proposé une évaluation du méthylmercure se fondant sur les données de la Task Group, un groupe de coopération scientifique entre l'ensemble des Etats membres. Elle a calculé des niveaux d'exposition moyenne au 95^{ème} percentile, c'est-à-dire les plus forts consommateurs, pour la population européenne. Elle recommande aux femmes enceintes, allaitantes et en âge de procréer, ainsi qu'aux jeunes enfants, de diversifier leur consommation de poissons. Elle recommande de mettre en œuvre des calculs d'expositions plus fins, afin de mieux tenir compte de la sensibilité de certaines populations et des particularités nationales, notamment en ce qui concerne les régimes et habitudes alimentaires, les types de poissons consommés et les niveaux de contamination observés.

Les recommandations des autres institutions présentent des nuances, qui tiennent compte de divers paramètres : le pays, la population visée, la quantité de poisson par semaine, les espèces de poissons (excluant le requin, l'espadon, le thon ; excluant ou non le thon en conserve)...

La FSA recommande de limiter la consommation de poissons prédateurs, mais de continuer à consommer régulièrement une à deux portions de poissons par semaine dont, notamment, une portion de poisson gras.

Expositions professionnelles au mercure et aux composés inorganiques

Arlette PELTIER

**Laboratoire de Chimie analytique minérale –
Département métrologie des polluants - INRS**

Le Laboratoire de Chimie analytique minérale suit les quelque 27 éléments du tableau de Mendeleïev suspectés d'être allergisant, cancérigène ou responsable d'une maladie professionnelle. Le mercure est à l'origine d'une atteinte professionnelle dénommée hydrargyrisme (tableau n°2 des maladies professionnelles), que nous suivons depuis plus d'un quart de siècle.

1. Principales activités concernées et tonnages utilisés

Selon les données de l'ADEME (1993), et hors industrie du chlore, le mercure est contenu dans les déchets suivants :

- la métallurgie du zinc et du plomb ;
- les thermomètres ;
- les amalgames dentaires (avec un flux de 9 tonnes en 1993) ;
- les piles alcalines et salines qui, jusqu'en 1998, contenaient toutes du mercure (les piles bouton notamment, contiennent quelques dizaines de milligrammes de mercure) ;
- les laboratoires d'analyses ;

- les tubes fluorescents (qui contenaient jusqu'à 20 milligrammes de mercure dans le passé, et qui n'en contiennent, aujourd'hui, que moins de 5 milligrammes) ;
- les baromètres ;
- les lampes à décharge à haute intensité.

L'industrie du chlore est le plus grand utilisateur de mercure industriel en France. En 1993, 77 tonnes de mercure avaient été utilisées. Aujourd'hui, cette activité tend à restreindre le recours au mercure puisque le procédé des cellules à cathode de mercure va être remplacé par des cellules à diaphragme.

2. Maladies professionnelles causées par le mercure et ses composés

Le tableau n°2 des maladies professionnelles répertorie les atteintes liées au mercure. La dernière mise à jour date de 2003.

L'intoxication hydrargyrique est à l'origine des maladies suivantes :

- l'encéphalopathie aiguë (relativement rare) ;
- les tremblements intentionnels (observés chez des salariés fabriquant des thermomètres lors d'études conduites dans les années 80) ;
- l'ataxie cérébelleuse ;
- la stomatite (avec gingivite, atteintes dentaires) ;
- les coliques et diarrhées ;
- les problèmes rénaux (avec une protéinurie importante en cas de dosage élevé de mercure dans l'urine) ;
- la néphrite azotémique (assez rare, observée chez des enfants qui avaient été en contact avec du mercure, dans des appartements où il y avait eu des bris de thermomètre / baromètre à mercure) ainsi que des lésions eczématiformes.

3. Atmosphères de travail

Les voies de pénétration du mercure sont de trois types :

- la voie cutanée (difficile à quantifier) ;
- l'ingestion (rarissime, difficile à quantifier) ;
- l'inhalation (que nous suivons tout particulièrement).

Le mercure est un métal particulier qui émet, à partir d'une température oscillant entre 20 à 25 degrés, des vapeurs que l'on peut visualiser (dans ce cas, l'indicateur de fluorescence correspond à la longueur d'onde de la lampe à vapeur de mercure).

Pour évaluer le mercure inhalé, il faut savoir le prélever au niveau des capteurs naturels que sont la bouche et le nez et se référer à des valeurs seuils. En France, il n'existe pas de valeurs réglementaires : seule une valeur indicative de 50 µg/m³ a été fixée pour le mercure et les composés inorganiques. L'INRS retient comme référence celle de l'ACGIH, qui est de 25 µg/m³. Des valeurs ont également été fixées pour les composés alkylés et arylés, mais dans le monde du travail, nous n'avons jamais rencontré ces composés.

Des indices biologiques d'exposition ont été établis et sont utilisés par les médecins du travail. Les valeurs seuil allemandes prennent en compte une éventuelle pénétration percutanée du mercure.

4. Méthode d'échantillonnage

Les méthodes d'échantillonnage ont été mises au point dans les années 75, dans le cadre du suivi des activités de fabrication des appareils de mesure (thermomètre, baromètre...). Des dossiers de reconnaissance de maladies professionnelles avaient été ouverts et reconnus pour certains salariés. Pour notre laboratoire, il s'agissait de mettre au point une méthode de prélèvement permettant de comparer les quantités de mercure inhalées aux valeurs limites d'exposition.

Pour cela, la méthode d'échantillonnage qui a été mise en œuvre a consisté à effectuer des prélèvements d'atmosphère dans l'air des lieux de travail, sur une période de référence (la semaine de travail à l'époque, ou la journée de travail). La quantité de polluants inhalée est mesurée au niveau des voies respiratoires des salariés, à l'aide d'un matériel adéquat (des pompes portatives autonomes, que le salarié porte à la taille, et qui comporte un tube à charbon actif). Les prélèvements se font soit au niveau des voies respiratoires, avec l'accord du salarié, soit à poste fixe (on se place à côté du salarié et on effectue plusieurs prélèvements).

Des appareils à lecture directe peuvent également être utilisés, et sont très pratiques dans une approche de *screening* : ils sont utilisés *in situ*, aux points où des mesures peuvent être effectuées. Il est ainsi possible de suivre l'évolution des concentrations en mercure dans un atelier sur une journée de travail. Pour les hygiénistes du travail, en revanche, cet équipement présente un intérêt relatif dans la mesure où il n'est pas possible de comparer les résultats obtenus aux valeurs limites d'exposition.

En ce qui nous concerne, nous procédons à un échantillonnage sur support adéquat :

- les tubes à charbon actif étaient surdimensionnés pour des raisons historiques inhérentes à l'activité du Laboratoire. Ils sont désorbés sous courant d'azote à 500°C et solubilisés en milieu oxydant acide. Ils ne sont guère pratiques pour les prélèvements individuels, mais le charbon actif est très efficace puisque c'est une éponge qui prélève tout. Cette méthode permet de prélever et de déterminer le mercure total sous toutes ses formes (vapeur métallique, composés minéraux et organiques) ;
- depuis 2002, nous utilisons un support qui a été mis au point par nos collègues de l'OCHA aux Etats-Unis. Cette méthode vient d'obtenir la certification ISO (norme 177-33). Cependant, les tubes, qui contiennent des oxydes de cuivre et de manganèse sur un support de type alumine, ne permettent pas de bien quantifier les composés organiques du mercure.

Les fiches méthodologiques de prélèvement ont été publiées sur le site Internet de l'INRS. Les mesures effectuées par les laboratoires interrégionaux des CRAM entre 1987 et 2004 ont été rassemblées dans la base de données COLCHIC de l'INRS, avec les principaux types d'activités concernés. Sous la rubrique « Divers », on retrouve des activités aussi diverses et variées que la surveillance des phares de la côte atlantique puisque des phénomènes de débordement avaient été observés autour des lampes des phares après une tempête.

5. Travaux et collaborations de l'INRS

Le Laboratoire de Chimie minérale a participé à différentes enquêtes de secteur avec les services de prévention des CRAM. La première enquête a porté sur les thermométries de l'Est de la France entre 1976-1979 (ces thermomètres à mercure ne sont plus fabriqués en France), suivie par une enquête dans les ateliers de dorure sur porcelaine. Il convient également de citer l'enquête chez les orpailleurs de Guyane, en collaboration avec Fabien Gérardin, entre 2003 et 2004, ainsi que l'enquête dans les cabinets médicaux, qui utilisent quelquefois des méthodes mettant en jeu des quantités de mercure très importantes (pressothérapie en angiologie et en médecine vasculaire, par exemple).

L'INRS a par ailleurs collaboré à différents groupes de travail (groupe de travail sur les amalgames dentaires et ses alternatives, groupe de travail AGHTM sur les déchets mercuriels en France).

6. Composés organomercuriels

Les composés organomercuriels sont rares, mais ils ont pu être détectés dans les produits industriels que notre laboratoire doit expertiser. Or ces composés sont interdits d'usage.

7. Documents récents INRS disponibles

La brochure « *Le mercure – Prévention de l'hydryargyrisme* » en est à sa 5^{ème} édition. D'autres documents sont disponibles sur les enquêtes réalisées, sans oublier le site Internet de l'INRS.

Classification du mercure comme substance reprotoxique

**Christine CEZARD (CES Substances chimiques, AFSSE), Nathalie BONVALLOT (AFSSE),
Annie LAUDET-HESBERT (INRS), Elodie PASQUIER (INRS)**

Christine CEZARD

1. La saisine

La saisine que nous traitons actuellement, dans le cadre de la classification du mercure comme substance reprotoxique, est à l'initiative du Ministère de la Santé et du Ministère de l'Ecologie et du Développement durable. Elle a été reçue à l'AFSSE en juillet 2003 et transmise à notre CES.

Cette saisine doit permettre d'évaluer les dangers du mercure pour, si cela s'avère nécessaire, proposer à la Commission européenne une révision de la classification du mercure dans le cadre de la directive 67/54/CE relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses. Il convient de préciser que les dérivés du mercure ont déjà été classés sous d'autres items, mais pas comme substance « reprotoxique ».

2. La classification des reprotoxiques

Trois catégories de reprotoxiques ont été définies :

- la première catégorie englobe les substances connues pour altérer la fertilité dans l'espèce humaine ou pour provoquer des effets toxiques sur le développement ;
- la deuxième catégorie recouvre les substances devant être assimilées à des substances altérant la fertilité dans l'espèce humaine (avec de fortes présomptions fondées sur la mise en évidence nette d'une altération de la fertilité chez l'animal) ou devant être assimilées à des substances causant des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine (en l'absence d'autres effets toxiques ou en l'absence de signes de toxicité maternelle ou à des niveaux de doses proches des doses toxiques mais n'étant pas secondaires et non spécifiques, pour lesquels d'autres informations pertinentes sont disponibles) ;
- la troisième catégorie, qui est la moins contraignante, comprend les substances préoccupantes pour la fertilité dans l'espèce humaine, ainsi que les substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets toxiques possibles sur le développement (avec une forte suspicion fondée sur les résultats d'études animales, mais qui ne sont pas suffisants pour classer la substance en catégorie 2).

3. Les effets reprotoxiques

Ces effets sont de deux ordres :

- les altérations des fonctions ou de la capacité de reproduction (effets sur la fertilité, sur la libido, le comportement sexuel, les différents aspects de la spermatogenèse – qu'il s'agisse du nombre de spermatozoïdes ou de leur capacité à pénétrer dans l'ovule – et de l'ovogenèse) ;
- les effets néfastes non héréditaires sur la descendance (effets sur le développement, au niveau de l'embryon, du fœtus ou de l'enfant après la naissance, avec des effets embryo et foeto-toxique, des réductions de poids, des retards de croissance, une toxicité pour les organes, une mort, un avortement spontané, des effets tératogènes, des anomalies péri et post-natales, des altérations du développement mental et physique, de la naissance jusqu'à la puberté).

4. Méthode

Un groupe de travail multidisciplinaire a été mis en place, regroupant des spécialistes de la toxicité humaine et de la toxicité animale. Ce groupe a procédé à une recherche exhaustive des fonds bibliographiques sur les effets reprotoxiques :

- chez l'homme (données d'exposition « grand public » ou « consommateur », données d'exposition du travailleur) ;
- chez l'animal (résultats des travaux sur les animaux de laboratoire ; données sur des animaux pour lesquels des essais standardisés sont disponibles, sachant que les études chez l'animal en cas de pollution de l'environnement sont d'emblée exclues car il s'agit alors d'une exposition à plusieurs polluants).

Les travaux disponibles ont également été étudiés quant à la pertinence de leurs conclusions (recherche de biais potentiels en particulier). Nous avons par ailleurs élaboré un argumentaire, qui fait l'objet d'échanges et de discussions avec l'INRS. Il devrait être présenté au Bureau Chimique

Européen, après une déclaration d'intention de la France concernant la présentation d'une demande de classification.

5. Orientations potentielles de l'argumentaire

La France entendait faire une proposition de classification par molécule renfermant du mercure. Cette option n'a pas été retenue.

La deuxième option consistait (si cela était justifié) à élaborer trois propositions :

- une concernant le mercure métal ;
- une concernant les dérivés inorganiques ;
- une relative aux dérivés organiques.

Cette deuxième stratégie a été retenue. Précisons :

- qu'il existe très peu ou pas de données disponibles sur un grand nombre de composés du mercure ;
- que, compte tenu du métabolisme des différents dérivés, il est plus opportun de choisir une classification en mercure métal, dérivés inorganiques et dérivés organiques ;
- que le consommateur est exposé au mercure métal, ainsi qu'à ses dérivés organiques et inorganiques ;
- que la contamination environnementale entraîne des bio-accumulations dans la chaîne alimentaire ;
- que les mesures de réduction du risque correspondent à des situations différentes selon la spéciation du mercure.

Annie LAUDET-HESBERT

6. Classification, emballage et étiquetage des substances chimiques dangereuses

La directive 67/548/CE porte sur la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances chimiques dangereuses, afin de protéger les utilisateurs. Cette directive établit les principes de classification suivants :

- l'analyse des propriétés intrinsèques des substances (du point de vue physico-chimique et toxicologique) ;
- le classement proprement dit (pour identifier les dangers) ;
- l'étiquetage (pour informer les utilisateurs).

Le classement est harmonisé à l'échelle européenne, et doit être entériné par les différents Etats membres de la Communauté européenne.

Les propositions sont étudiées au sein d'un groupe d'experts européen, et les classements sont publiés dans l'annexe 1 de la Directive. A ce jour, nous en sommes à la 29^{ème} adaptation.

Si les substances n'ont pas été classées par le truchement de ce dispositif, le fabricant est obligé de procéder à une auto-classification s'il est conscient de certains dangers inhérents à la substance fabriquée.

7. Le processus de classement européen

Comme cela a été expliqué, la France entend proposer une classification pour la reprotoxicité, qui doit être envoyée à l'ECB. Si cette proposition est acceptée par le groupe de travail, une recommandation sera proposée aux Etats membres. Si cette recommandation est adoptée (à la majorité relative et non absolue), elle sera publiée au Journal officiel des Communautés européennes, et fera l'objet d'une publication dans la directive. Chaque Etat membre disposera ensuite d'un délai de transposition de la directive dans la loi nationale.

8. Classement des substances reprotoxiques pour la reproduction

Généralement, deux aspects sont examinés : la fertilité et le développement. Dans certaines instances, cette séparation est moins nette.

9. Catégories de classement

Les catégories 1 et 2 sont plus contraignantes au plan réglementaire que la catégorie 3. La catégorie 1 est basée sur des données humaines, et les catégories 2 et 3 sur des données animales.

Pour la catégorie 3, on applique les règles générales de prévention du risque chimique sur le lieu de travail (Art R231-54 du Code du travail).

S'agissant des catégories 1 et 2, trois dispositions réglementaires sont prévues :

- l'interdiction de mise sur le marché pour le grand public (Arrêté du 7 août 1997) ;
- l'interdiction d'exposer professionnellement des femmes enceintes ou allaitantes (Décret 2001-97) ;
- l'application d'obligations spécifiques de l'employeur vis-à-vis des CMR (Cancérogènes, Mutagènes et Reprotoxiques, Art R231-56 du Code du travail).

Les principales obligations de l'employeur, pour les CMR de catégories 1 et 2, sont de plusieurs ordres :

- évaluation des risques ;
- substitution (par un produit dont les propriétés toxicologiques sont connues et moins sévères que celui que l'on souhaite substituer) ;
- travail en système clos ;
- captage des polluants à la source ;
- limitation du nombre de travailleurs exposés ;
- formation et information des travailleurs sur le risque inhérent à la substance.

Le mercure en Guyane : qualité des milieux

Le point sur les activités d'orpaillage anciennes et actuelles en Guyane et les risques de contamination au mercure

**Philippe FREYSSINET
BRGM**

1. Caractéristiques géologiques

En Guyane, les minéralisations aurifères sont associées à des formations géologiques volcaniques très anciennes, de plus de 2 milliards d'années, que nous appelons, dans notre jargon, des « ceintures de roches vertes ». On en retrouve dans la partie nord et dans la partie médiane du territoire guyanais. Ces deux bandes vertes délimitent des zones de fortes minéralisations aurifères.

La zone urbanisée se situe sur la zone côtière, éloignée des deux ceintures de roches vertes.

2. L'exploitation de l'or

L'exploitation de l'or est une activité ancienne en Guyane puisqu'elle date de plus d'un siècle et demi. Elle se fait soit sur les minéralisations primaires, soit sur des minéralisations secondaires (des accumulations d'or alluviales plus récentes ou placers).

Les exploitations d'or primaires sont rares en Guyane : il s'agit essentiellement d'une activité industrielle. Dans ce cas, les procédés d'exploitation utilisent peu de mercure. En revanche, l'activité d'orpaillage traditionnelle a recours au mercure, et ce depuis plus de cent ans.

Quand des placers sont détectés dans les grands fleuves, des dragues sont utilisées. Il s'agit de système d'excavation des alluvions aurifères par des barges. L'usage du mercure, sur ces barges, a également été répertorié.

3. Le procédé d'extraction

Très peu de nouvelles découvertes de filons aurifères ont été faites. Les activités d'orpaillage, qu'elles soient autorisées ou illégales, se localisent essentiellement dans les anciennes zones de placers.

Sur un placer déjà orpaillé, le lit de la rivière est généralement déforesté ou excavé au moyen de pelles mécaniques. Dans la pratique, les alluvions sont ensuite posées sur des cribles, où, à l'aide de fortes pressions d'eau, elles sont « débourbillées ». Le mélange de boue et de brilles percutent à l'intérieur de « moquettes », qui permettent à l'or extrait de s'y accumuler. Ce procédé, naturellement, relargue une forte quantité de boue et d'eau en aval.

Notons que, outre les grains d'or, on récupère également des « amalgames » et des grains de mercure, qui sont piégés dans les grilles des moquettes. Il s'agit du mercure qui a été laissé par les anciens orpailleurs. On ajoute du mercure pour amalgamer les fines particules d'or.

En aval, il est possible de récupérer une part de mercure grossier, qui est plus ou moins associé à l'or dans les anciennes alluvions. Mais il existe une part non négligeable de mercure, qui est très finement divisé et qui se retrouve en suspension sur des phases colloïdales (oxydes de fer, argiles, colloïdes organiques). Une fois qu'elles sont déversées dans l'ensemble hydrographique, ces colloïdes, qui peuvent contenir entre 2 et 5 ppm de mercure en suspension, peuvent donc migrer sur des distances non négligeables.

4. Les impacts sur le réseau hydrographique

Outre l'activité d'orpaillage réglementée, l'activité d'orpaillage illégale, qui est exercée par des « *Garimpos* » brésiliens, est une source majeure de pollution environnementale. Outre le fait qu'ils remettent en suspension tout le mercure qui était présent dans les alluvions anciennement orpaillées, ils utilisent du mercure pour leurs propres *process* et le rejettent dans l'environnement.

Comment se distribue le mercure sur un site ? Par le passé, les anciens orpailleurs creusaient des canaux de dérivation pour dévier l'eau, excavaient les alluvions sur toute la crique, utilisaient le mercure au niveau du « sluice », et disposaient les rejets à proximité. Le mercure était par ailleurs libéré dans le traitement des amalgames or/mercure.

En Guyane, nous suivons la distribution spatiale du mercure sur un site pilote. Dans la zone orpaillée, on trouve des concentrations allant jusqu'à 3 ppm. Dans les déblais qui sont traités, les teneurs oscillent entre 3 et 7 ppm. Les rejets sont donc des sources de forte contamination par le mercure.

5. Les flux de mercure liés à l'orpaillage

Nous considérons que, avec les techniques traditionnelles, on utilisait entre 1 et 1,5 kg de mercure pour traiter 1 kg d'or. Dans le cadre des techniques actuelles, des procédés industriels permettent de séparer l'or sans recourir au mercure. Si l'on tient compte de la re-mobilisation du mercure qui est présent dans les anciennes alluvions, on utilise aujourd'hui entre 0 à 1,5 kg (méthode des *Garimpos*) de mercure pour traiter 1 kg d'or. En 2003, près de 8 tonnes de mercure, non utilisées dans la fabrication de thermomètres, avaient été importées en Guyane.

La relation entre la consommation de mercure et la production d'or n'est peut être pas linéaire, mais elle est évidente. La production aurifère déclarée en Guyane depuis le début de l'orpaillage, c'est-à-dire depuis la fin des années 1850, a connu plusieurs « *rush* » miniers : la ruée vers l'or entre les années 1900 et 1920 ; le rush de la fin des années 80, avec une forte part de production aurifère d'origine industrielle et donc faiblement consommatrice de mercure.

On estime que 205 tonnes d'or ont été produites entre 1857 et 2002, pour 276 tonnes de mercure consommées. Ce mercure n'a évidemment pas été recyclé, et s'est distribué sur les sites. A cela s'ajoutent environ 25 tonnes d'or, correspondant à la période d'exploitation moderne.

En Guyane, le mercure est concentré sur le réseau hydrographique autour des principaux périmètres d'orpaillage (Comté, Orapu, Kourou...).

6. Les questions en suspens

- **Quelle est la contribution réelle de l'orpaillage dans la bio-accumulation du mercure en Guyane ?**
Il faut savoir que certains processus naturels, en Guyane, donnent lieu à un fond géochimique plus riche en mercure que sur les sols européens.
- **Quel est l'impact environnemental des sites d'orpaillage à l'échelle de la Guyane ?**
A ce jour, seules des approches ponctuelles, sur quelques sites pilotes, ont été conduites. Une vision globale fait défaut.
- **Quels sont les sites à problème ?**
A ce jour, aucune méthodologie ne permet de répondre à cette question.
- **Comment gérer les sites contaminés ?**
Là aussi, aucune méthodologie n'a été clairement établie.

7. Proposition de projet au FEDER Guyane

Une proposition de projet a été déposée au FEDER en Guyane, qui associe la région, la DRIRE et la DIREN locale, ainsi qu'une équipe composée de représentants de l'Université de Bordeaux, du LGIT de Grenoble et le BRGM.

Ce projet, qui doit prendre appui sur les résultats scientifiques du programme CNRS « Mercure en Guyane », vise à :

- fournir aux services de l'Etat et de la région un outil pour la prise de décision ;
- mettre en place une méthodologie d'investigation de type « évaluation simplifiée des risques » adaptée au contexte de l'orpaillage en Guyane ;
- construire une base de données géo-référencée (type SIG) évolutive ;
- évaluer la contamination dans les sédiments fins des principales rivières ;
- évaluer la contamination en mercure de la chaîne alimentaire.

Présentation du programme CNRS « Mercure en Guyane » (phases 1 et 2)
Laurent CHARLET (LGIT, Université de Grenoble)
Régine MAURY-BRACHET (LEESA, Université de Bordeaux)

1. Objectifs du programme (Laurent CHARLET)

Le programme «Mercure en Guyane» a porté sur l'ensemble du cycle, des transformations du mercure dans l'eau à sa distribution spatiale en passant par son stockage dans le sol, sans oublier sa transformation dans des systèmes réducteurs. Il s'agit donc d'une étude pluridisciplinaire des principales composantes du cycle bio-géochimique du mercure en Guyane.

a. Phase 1

Quatre sites ont été étudiés :

- la zone d'orpaillage de St Elie et la retenue de Petit Saut ;
- les villages amérindiens du Haut Maroni ;
- la zone de référence ;
- la zone d'Antecum-Pata.

La variabilité des teneurs en mercure des sols de Guyane est très importante, mais les sols ferrallitiques (oxisols) constituent un réservoir majeur de stockage de mercure.

Les eaux anoxiques du barrage de Petit Saut constituent un site privilégié pour la production de méthylmercure (*via* les bactéries sulfato-réductrices - colonnes d'eau, biofilms sur les troncs d'arbre) qui est transféré vers l'aval du barrage.

L'activité d'orpaillage a deux effets : un effet par un apport direct de mercure (pour amalgamer l'or), un effet lié à l'érosion des sols pour exploiter l'or. Le méthylmercure est la forme chimique qui conduit à des transferts cumulatifs du métal le long des chaînes alimentaires aquatiques (bio-amplification) et à des niveaux d'accumulation élevés, voire très élevés, dans le tissu des espèces situées en fin de réseau trophique.

b. Phase 2

Elle s'est articulée autour de quatre axes de recherche :

- établir dans le cadre d'un SIG une cartographie de la zone habitée de la Guyane et des zones explorées, pour inventorier les niveaux de contamination des cours d'eau à partir de la mesure des teneurs en mercure dans les sédiments fins, dans les poissons piscivores... A ce stade, il faut noter qu'il n'existe pas de relation directe entre les teneurs des sédiments (tout à fait comparables à celles que l'on trouve en Métropole) et les teneurs très élevées de certaines rivières, qui avaient été anciennement orpaillées ;
- étudier les conditions de formation et le devenir des différentes formes chimiques du mercure, en suivant le profil longitudinal des différentes formes chimiques, de la retenue du barrage de Petit Saut à l'ensemble du parcours jusqu'à la mer ;

- évaluer le relargage du mercure suite à de grands travaux effectués soit sur d'anciens sites orpaillés, soit sur des sols naturellement riches en mercure (oxisols). L'utilisation d'isotopes permet, avec de petites quantités de mercure, de suivre les flux associés et d'apprécier la turbidité qui est causée par les mines d'or. Notons d'ores et déjà l'importance des enrichissements superficiels liés aux dépôts atmosphériques.

Il s'agit de comparer des bassins versants de sites orpaillés à ceux de sites de sols vierges, ce en trois temps :

- état des lieux ;
 - mise en exploitation en collaboration avec la compagnie d'exploitation aurifère Boulanger ;
 - comparaison entre les deux sites ;
- faire une interface avec la santé, à travers l'analyse des transferts du mercure à partir des aliments consommés.

Alain Boudou aurait normalement dû faire cette présentation. Mais il est actuellement en Guyane, en train de procéder à des échantillonnages. S'agissant des aspects budgétaires et notamment le financement de la deuxième phase, un certain nombre de domaines n'ont pas encore été couverts. Il est à noter que 3 bourses ont été décrochées (la mine Boulanger, en particulier, co-finance une bourse CIFRE).

2. L'axe 1 du programme (Régine MAURY-BRACHET)

L'axe 1 consiste à effectuer un inventaire des niveaux de contamination des cours d'eau à l'échelle de la Guyane à partir de deux types d'indicateurs : les sédiments, qui sont collectés par le LGIT de Grenoble et les poissons (l'espèce Aïmara). De nombreux enseignements pourront être tirés de la comparaison de ces résultats avec les niveaux d'imprégnation des populations humaines.

Pour l'heure, 21 sites ont été répertoriés.

3. Bio-amplification du mercure total

Pour une concentration en mercure total de 5 nanogrammes/L dans la colonne d'eau, un facteur de bio-accumulation proche de 800 est observé au niveau d'un poisson herbivore. Ce facteur atteint 200 000 au niveau d'un poisson carnivore.

Si l'on considère la bio-amplification du méthylmercure, la concentration, au niveau d'une colonne d'eau, est faible (1 % du mercure total). Au niveau du poisson carnivore (Aïmara), le facteur de bio-amplification est de 19 millions.

Une thèse est en cours sur les maillons supérieurs du réseau trophique de Petit Saut. D'ores et déjà, chez le poisson, des différences de concentrations en mercure total ont été mises en évidence en fonction de leur régime alimentaire.

Sur le site de Petit Saut, nous nous sommes intéressés à l'effet « barrage » sur la contamination des poissons par le mercure : dans le lac, les niveaux de concentration sont de 0,33 µg/g poids sec ; en aval du Sinnamary, les concentrations sont multipliées par un facteur 10. Ce résultat s'explique par

le fait que, au niveau du lac, le rejet de méthylmercure est important, sans oublier que le poisson change de régime alimentaire selon qu'il est dans le lac ou en aval de la retenue.

Pour effectuer la collecte d'échantillons d'Aïmaras, nous avons mis au point une procédure de prélèvement très simple. Nous avons distribué des touques contenant un *kit* de prélèvement. Il s'agit :

- de prélever un morceau de muscle sur la partie la plus charnue du poisson ;
- de l'introduire dans un flacon contenant une solution formolée pour la conservation (ce formol n'ayant aucun impact sur la teneur en mercure) ;
- de mesurer la longueur standard du poisson (de la base du museau jusqu'à la base de la queue) sachant qu'à chaque échantillon de muscle est associée une étiquette sur laquelle est notée la longueur standard, le site de prélèvement, la rivière, la crique, la date du prélèvement et le nom du pêcheur.

En 2003, nous avons ciblé les écoles, les gendarmeries et les centres de santé. Le taux de retour des touques est faible dans les écoles, et pour cause : ces gens, pour la plupart, ne sont pas des pêcheurs.

En novembre 2004, une nouvelle campagne a été l'occasion de rencontrer des pêcheurs professionnels et amateurs, des organismes de tourisme et des médiateurs culturels qui devraient nous apporter de nouveaux échantillons.

Une mesure de la longueur standard des poissons Aïmaras qui ont été prélevés, sur les différents bassins versants, a été établie : on observe une bonne homogénéité des poids (5 kg environ) et des longueurs (57 cm) des échantillons collectés.

La comparaison a été réalisée entre la valeur de la norme OMS et les niveaux de contamination. Pour 72 % des poissons dosés, les concentrations en mercure sont supérieures à la norme OMS (2,5 mg de mercure/kg poids sec). Les niveaux de contamination sont élevés au niveau du bassin du Sinnamary, et inférieurs à la norme au niveau de l'Oyapock. Cette observation avait déjà été faite lors de la phase 1 du programme.

260 échantillons ont été collectés en 2003. 70 échantillons ont été ramenés en novembre 2004. Nous espérons une collecte plus fructueuse en 2005. Au terme du programme, nous devrions avoir échantillonné plus d'une cinquantaine de sites.

Le mercure en Guyane : exposition des populations

Projection du film

« Mercure et santé, enquêtes épidémiologiques sur les fleuves de Guyane »

Philippe Quénel

Avant de projeter ce court film, je voudrais préciser qu'il a été réalisé sur une proposition de la DSDES de Guyane. Il permet d'illustrer, vis-à-vis de nos autorités de tutelle, la difficulté à mettre en œuvre de telles études de terrain et la lourdeur des moyens logistiques et financiers que cela suppose. Il permet par ailleurs un regard sur les populations concernées, leurs modes de vie et leurs difficultés.

Un film intitulé « Mercure et santé, enquêtes épidémiologiques sur les fleuves de Guyane » est projeté.

Enquête d'imprégnation en population générale

Docteur Philippe QUENEL

InVS / CIRE

1. Les études réalisées depuis 1994

Les premières études ont été réalisées en 1994, dans le cadre notamment, d'une étude d'impact du projet de construction du Barrage de Petit Saut, qui avait montré des teneurs en mercure élevées, voire supérieures aux normes réglementaires de l'OMS, dans les poissons prédateurs.

S'est alors posée la question de l'impact sanitaire pour les populations exposées. Les enquêtes qui se sont déroulées dans ce cadre visaient à comparer les niveaux d'imprégnation à des valeurs de référence. Globalement, les populations qui ne sont pas exposées à une source spécifique de mercure présentent une concentration dans le cheveu inférieure à 2 µg/g. Le risque d'atteinte neurologique, estimé à une prévalence de 5% de la population, apparaît pour des concentrations supérieures à 50 µg/g. La valeur recommandée par l'OMS, à ce jour, est de 10 µg/g de cheveu.

La première étude d'imprégnation a été conduite par le RNSP, l'INSERM et la DGS en 1994 sur un échantillon de 500 personnes représentant quasiment l'ensemble de la Guyane : 140 personnes sur le Maroni, 276 personnes sur le littoral, 84 personnes sur l'Oyapock. Cet échantillon se répartissait en 255 adultes et 136 enfants. Ces personnes avaient été recrutées dans les centres de santé et les dispensaires, à l'occasion de consultations. A cela s'ajoute un échantillon de femmes enceintes qui avaient été étudiées spécifiquement, à l'occasion de visites régulières dans les maternités (109 personnes).

Cette enquête avait mis en évidence des teneurs « rassurantes » sur l'ensemble du littoral (Saint-Laurent du Maroni, Cayenne...), de l'ordre de 2,2 µg/g. En revanche, ces valeurs étaient plus élevées dans les grands bourgs (Grand Santi, Maripasoula, Saint-Georges...), comprises entre 2 et 4 µg/g. Elles étaient franchement élevées dans les régions les plus reculées (Haut Maroni, région d'Antecum-Pata...), en moyenne de l'ordre de 12 µg/g. Notons par ailleurs que 65 % des adultes et

près de 80 % des enfants, à l'époque, présentaient des concentrations supérieures à 10 µg/g. Camopi était dans une situation intermédiaire : les teneurs moyennes étaient de l'ordre de 6 µg/g, avec 17 % des adultes et 13 % des enfants présentant une concentration supérieure à 10 µg/g. Globalement, la concentration moyenne sur l'ensemble de la Guyane était de 3,5 µg/g, avec 2,5 µg/g pour les adultes, et 1,6 µg/g pour les enfants. Pour l'ensemble de la Guyane, plus de 10 % de la population des adultes et des enfants présentaient des concentrations supérieures à 10 µg/g, contre 5 % des femmes enceintes.

En 1997, une deuxième étude a été réalisée, qui s'est intéressée à l'exposition au mercure de la population amérindienne Wayana de Guyane. Cette enquête alimentaire, qui a été menée par le RNSP, a été réalisée dans 4 villages du Haut Maroni : Cayodé, Twenké, Taluhen et Antecum-Pata.

Le dosage du mercure avait été réalisé sur un échantillon de 235 personnes, soit environ 50 % de la population de cette région. Une enquête alimentaire de type familiale avait été mise en œuvre, à partir de foyers volontaires, qui concernait 165 personnes, sur 2 fois 7 jours. Comparativement à l'étude de 1994, pour lequel l'échantillon était réduit, l'étude de 1997 a permis de produire des résultats plus fiables, qui sont très proches de ceux de 1994 (moyenne 11,5 µg/g). Des résultats relativement similaires ont été trouvés s'agissant du pourcentage des adultes présentant une concentration supérieure à la norme OMS, mais 50 % des enfants dépassaient 10 µg/g. Plus de 90 % du mercure total mesuré dans les cheveux correspondait à du mercure organique. Chez les adultes, l'apport journalier, *via* la consommation de poissons du fleuve, était compris entre 110 et 420 µg/jour, soit un apport journalier largement supérieur à la recommandation internationale. Pour les plus jeunes, l'apport était compris entre 20 et 100 µg/jour, et entre 210 et 280 µg/jour pour les 10-15 ans. Cette étude avait permis de montrer que les phénomènes de bio-amplification jouaient pleinement : les poissons en fin de chaîne contribuaient fortement au dosage élevé ; en particulier, les espèces Huluwi, Aïmara, Mitala et Piraïe expliquaient près des trois quarts de la dose ingérée quotidiennement.

Une troisième étude a été réalisée par le RNSP et l'INSERM en 1998, pour évaluer les risques neurotoxiques chez l'enfant liés à l'exposition au méthylmercure. Trois zones ont été étudiées : Haut Maroni (Antecum-Pata, Cayodé, Elahé, Taluhen, Twenké), Camopi et Awala. Le dosage du mercure a été réalisé sur 359 enfants et 339 mères. Des examens neurologiques et des tests comportementaux ont été réalisés chez 248 enfants de 9 mois à 6 ans et chez 206 enfants de 5 à 12 ans.

S'agissant des chiffres d'imprégnation dans le Haut Maroni, on a retrouvé les mêmes teneurs de mercure que les années précédentes. Chez les enfants, les teneurs étaient pratiquement comparables à ceux des adultes.

L'étude réalisée sur Camopi concernait 132 personnes en 1998 contre 27 en 1994. Les résultats (6 µg/g) sont similaires entre les deux études. En outre, là aussi, les concentrations observées chez les enfants sont pratiquement du même ordre que celles constatées chez les adultes.

Enfin, à Awala, l'échantillon, qui comprenait 208 personnes, a mis en évidence des concentrations de l'ordre de 3 µg/g chez les femmes et de 1,4 µg/g chez les enfants.

Cette étude a permis de tirer les conclusions suivantes :

- les troubles neurologiques sont « modérés » et se traduisent par une augmentation des réflexes ostéo-tendineux et des troubles de la coordination, essentiellement des membres inférieurs ;

- les atteintes intellectuelles sont « modérées » et se traduisent par une altération des capacités de raisonnement et d'organisation visio-spatiale ;
- les problèmes sanitaires sont importants et revêtent plusieurs formes (paludisme, alcoolisme, suivi insuffisant des grossesses et des accouchements).

En 2000, le rapport Taubira-Delanon « L'or en Guyane : éclats et artifices » est publié. Il comporte 28 recommandations. La première s'intitule « Réduire l'exposition au mercure » et demande, en particulier, de compléter les enquêtes et de développer les connaissances sur le cycle du mercure, ce qui a fait l'objet du programme de recherche du CNRS.

2. Les enquêtes suivantes

a. Objectifs

Les enquêtes se sont poursuivies, et ont visé à :

- confirmer et compléter les résultats des études précédentes (en prenant en compte la population des écarts) : les études précédentes se fondaient sur des échantillons « de convenance » puisqu'ils n'avaient pas fait l'objet d'un tirage au sort, ce qui posait la question de leur représentativité et de la signification des résultats ;
- disposer de données de référence pour évaluer le risque sanitaire et les politiques de réduction des risques, en comparant les résultats aux valeurs seuils recommandées par l'OMS et en mesurant l'impact de la consommation de poissons sur l'imprégnation mercurielle.

b. Méthodes

Il s'est agi, essentiellement, d'enquêtes de prévalence. Elles ont concerné les zones de Sinnamary (en 2001), du Maroni (en 2002) et de l'Oyapock (en 2004).

Un échantillon a été constitué par tirage aléatoire d'une liste d'îlots (INSEE). Dans chaque îlot, un recensement exhaustif puis un tirage au sort des logements ont été réalisés, avec une personne tirée au sort par logement.

Des prélèvements de cheveux ont été réalisés et des questionnaires sur les caractéristiques socio-démographiques et sanitaires de la population ont été renseignés.

c. Résultats

Pour Sinnamary, la moyenne géométrique est de l'ordre de 2 à 3 $\mu\text{g/g}$.

Pour le Maroni, les valeurs sont aussi relativement modérées, en moyenne inférieures à 5 $\mu\text{g/g}$. Ce sont essentiellement dans les zones les moins accessibles, notamment celles situées en dehors des bourgs, que les plus fortes concentrations ont été observées, et que l'étendue des valeurs observées est plus importante (plus on est éloigné des circuits de distribution alimentaire, plus l'alimentation est mono-spécifique, reposant sur la consommation de poisson).

Sur l'Oyapock, les teneurs sont très faibles sur le Bas Oyapock : Trois Palétuviers et Saint-Georges. En revanche, elles sont plus élevées sur Camopi Ecart et sur Trois-Sauts, qui est encore plus inaccessible.

Enquêtes à Sinnamary (2001), Maroni (2002) et Oyapock (2004) : fractions de la population dont la concentration de mercure dans les cheveux dépasse 5 µg/g et 10 µg/g

	Adultes		Femmes en âge de procréer		Enfants	
	% > 5 µg/g	% >10 µg/g	% > 5 µg/g	% >10 µg/g	% > 5 µg/g	% >10 µg/g
Sinnamary (2001)	22,1	7,4	10,6	0,0	4,2	2,1
Maroni (2002)						
<i>Maripasoula</i>	20,4	0,0	12,0	0,0	0,0	2,1
<i>Papaïchton</i>	17,9	5,3	11,1	5,5	9,1	0,0
<i>Grand Santi amont</i>	39,3	5,3	22,9	5,7	22,5	5,0
<i>Grand Santi Bourg</i>	12,5	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0
<i>Grand Santi Aval</i>	17,6	0,0	6,4	0,0	7,5	0,0
<i>Apagui</i>	15,5	2,2	13,3	3,3	11,1	0,0
<i>Apatou amont</i>	45,0	1,7	26,5	0,0	30,5	5,5
<i>Apatou Bourg et aval</i>	23,6	9,1	7,7	0,0	8,5	0,0
Oyapock (2004)						
<i>Trois-sauts</i>	88,4	21,0	84,0	24,0	76,5	14,7
<i>Camopi écart</i>	80,0	6,7	92,0	7,7	85,7	23,8
<i>Camopi Bourg</i>	60,7	3,6	58,3	0,0	40,0	12
<i>Saint-Georges</i>	16,1	1,6	10,7	0,0	0,0	0,0
<i>Trois Palétuviers</i>	25,0	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0
<i>Ouanary</i>	5,0	0,0	25,0	0,0	9,1	0,0

3. Facteurs associés

Les études de 1994, 2001, 2002 et 2004 ont permis de mieux appréhender les facteurs associés à l'imprégnation mercurielle :

- **le sexe** : en règle générale, des concentrations plus élevées ont été observées chez les hommes ;
- **l'âge** : il existe une dépendance linéaire entre l'âge et les concentrations de mercure ;
- **l'appartenance communautaire** : les mesures de mercure permettent de classer par niveau d'imprégnation décroissant les Amérindiens, les Noirs marrons, les Brésiliens et les autres populations (Créoles et métropolitains) ;
- **la consommation de poisson** : le poisson de fleuve contribue plus à la dose que le poisson de mer. La consommation de gibier et de foie de poisson (et le foie de poisson plus que le foie de gibier) est parfois associée à ces niveaux de concentrations ;
- **la zone géographique.**

4. Analyse multivariée

L'analyse multivariée des facteurs associés à une forte imprégnation mercurielle a permis de mieux estimer la part contributive de chacun. Par exemple, on observe une forte association linéaire entre les niveaux observés à Sinnamary, sur l'Oyapock et le Maroni, et le facteur « âge ». Le facteur « sexe » n'est pas pertinent sur l'Oyapock. Globalement, la signification de ces variables épidémiologiques est parfois différente d'une zone à l'autre, traduisant vraisemblablement des comportements différents d'une communauté à l'autre. Ces variables sont donc des indicateurs indirects des comportements vis-à-vis de la ressource en poisson ou en gibier.

5. Conclusions

De notre point de vue, nous sommes face à un problème sanitaire qui est circonscrit géographiquement, puisqu'il concerne essentiellement les sites du Haut Maroni et du Haut Oyapock. Les populations amérindiennes sont tout particulièrement touchées : les Wayanas du Haut Maroni, les Wayampi et les Emerillons du Haut Oyapock. Par ailleurs, certaines populations présentent un risque d'exposition particulier : les populations isolées des écarts, les populations socio-économiquement défavorisées (migrantes, brésiliennes...).

On peut avancer également que la cause majeure de cette intoxication au mercure est bien cernée : elle provient de la consommation de poisson de fleuves (poissons prédateurs) et d'une faible diversification alimentaire.

Par ailleurs, les niveaux rencontrés en Guyane sont associés à des effets sanitaires d'expression infra-clinique et stables dans le temps : nous y voyons une bonne raison pour agir, car une décroissance naturelle de l'exposition des populations est peu probable.

Un sous-groupe est à risque sanitaire particulier : il s'agit des fœtus et des nouveau-nés.

En conséquence, une prévention ciblée nous paraît devoir être mise en place, s'adressant principalement aux femmes en âge de procréer et aux enfants, qu'il faudra adapter aux pratiques communautaires.

Evaluation de l'exposition des travailleurs au mercure et proposition de solutions de prévention

Fabien GERARDIN

INRS – Département Ingénierie des sociétés

Les travaux que je vais présenter ont été réalisés en collaboration avec le Laboratoire interrégional de Chimie de Rouen et la Caisse générale de Sécurité sociale (CGSS) de Guyane.

1. Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure

La phase finale de l'activité d'orpaillage est la plus à risque pour le travailleur, et ce, de l'amalgamation à la distillation de cet amalgame.

L'amalgamation est un phénomène de dissolution (l'or est soluble dans le mercure). Cette opération est réalisée soit sur la table de travail, soit dans un récipient après la « levée » (récupération des particules d'or piégées dans les moquettes). Près de 1,5 kg de mercure peut être utilisé pour traiter 1 kg d'or.

La distillation est une opération destinée à séparer l'or du mercure par chauffage de l'amalgame. Une première distillation sur site permet d'obtenir de la « cassave », un amalgame qui ne contient plus que 2 % à 4 % de mercure. Une seconde distillation, l'affinage, est ensuite réalisée sur cette matière, qui permet d'obtenir un matériau beaucoup plus pur en or.

S'agissant des technologies employées sur site pour la distillation de l'amalgame et de la cassave, citons :

- le four à moufle (four souvent d'activités de poterie). Le condenseur qui est chargé de recueillir l'essentiel du mercure distillé ne fonctionne généralement pas de manière satisfaisante. Une grande partie du mercure chauffé et vaporisé est dispersée dans l'environnement des outils de distillation ;
- la retorte artisanale. Elle est rencontrée fréquemment sur les chantiers en forêt, et permet de distiller de petites quantités d'amalgames, avec un condenseur archaïque, qui n'est généralement pas alimenté en eau de refroidissement (à peine 20 % du mercure chauffé et distillé est récupéré) ;
- le chalumeau (technique plus rudimentaire, à partir de laquelle l'essentiel du mercure est vaporisé et recondensé à proximité de la zone de travail).

En revanche, les technologies employées dans les comptoirs d'or à Cayenne offrent de meilleures conditions de travail et de sécurité. On retrouve le four à moufle et la technique du chalumeau, qui sont généralement réalisés dans des installations confinées. Nos travaux ont cependant montré que cela ne faisait quasiment aucune différence. Le four à induction, qui est fortement consommateur d'énergie et qui est rarement installé sur site, permet la fonte et le lingotage de l'or distillé.

2. Contexte et chronologie des actions de l'institution de prévention

Dès 2000, la CGSS de Guyane avait soulevé le problème du risque mercuriel chez les opérateurs salariés dans les comptoirs d'or à Cayenne. Elle avait alors demandé à un laboratoire de chimie de la CRAM de Rouen d'effectuer des mesures d'exposition avec du matériel adéquat. Suite à cette évaluation, la CGSS de Guyane et le Laboratoire de Rouen avaient fait appel à l'INRS pour compléter la métrologie et proposer des solutions techniques de réduction du risque chimique dans ce secteur. Ces actions ont été menées en 2002 et en 2003, et se sont traduites par la mise en place, en octobre 2004, d'un dispositif permettant de récupérer les vapeurs de mercure.

3. Campagnes de mesure

Des campagnes de mesures de la concentration en vapeurs de mercure ont été conduites dans les 5 comptoirs d'or.

a. Méthodologie de prélèvement

Des prélèvements individuels ont été effectués pendant la distillation et la fonte (pendant 10 à 60 minutes), ainsi qu'en poste fixe pendant et en dehors des périodes de distillation et de fonte dans différentes pièces de l'établissement (sur 30 à 400 minutes).

b. Métrologie

Les supports de prélèvement utilisés étaient de type charbon actif ou hopcalite. Des analyseurs de vapeurs de mercure à lecture directe (*shaw city* et *tracker 3000*) ont également été utilisés.

4. Mode opératoire

On distingue, d'une part, la procédure de distillation et de fusion au chalumeau, qui permet :

- la réception et la pesée de l'amalgame ou de la cassave ;
- le chauffage de la matière au chalumeau (fonte avec du borax pour extraire la matière minérale comme le sable), pendant 10 à 15 minutes ; cette opération est réalisée sous hotte artisanale ventilée, sans aucun traitement efficace des vapeurs émises ;
- le lingotage, le refroidissement du lingot et la pesée.

On retrouve, d'autre part, le procédé de distillation au four, qui consiste en :

- la réception et la pesée de l'amalgame ou de la cassave ;
- l'introduction de la matière dans le four à moufle, à 90 degrés, pendant 45 minutes ;
- la fonte de l'or dans le four à induction, pendant 20 minutes, à environ 1 100 degrés ;
- le lingotage, le refroidissement du lingot et la pesée.

Cette deuxième opération est réalisée en dépression avec, là aussi, aucun traitement efficace des vapeurs émises.

5. Résultats des campagnes de mesure dans les comptoirs d'or

a. Pour la distillation et la fusion au chalumeau

Les résultats sont assez éloquentes puisque certains ateliers présentent des valeurs largement supérieures à la valeur plafond de 50 µg par m³ d'air sur une période de 8 heures. Certains dépassent 2 000 µg/m³. Précisons que la famille réside souvent sur le site.

b. Pour la distillation au four à moufle et la fusion au four à induction

Les valeurs mesurées sont très sensiblement supérieures aux valeurs fixées par les hygiénistes (elles représentent parfois dix fois la valeur moyenne d'exposition). Les prélèvements individuels confortent ces résultats.

6. Proposition de solutions

a. Problématique

Très clairement, des vapeurs sont émises dans l'atelier et dans l'environnement lors de la distillation. En outre, la majorité du mercure distillé n'est pas captée. Par ailleurs, les teneurs en mercure dans le flux d'air en sortie de four ou de hotte peuvent atteindre les 150 mg/m³. Il est donc nécessaire de capter, de condenser et de piéger les vapeurs de mercure.

b. Solutions proposées

Fort de ce constat, l'INRS a conçu un appareil pour les fours à moufle qui permet de condenser les vapeurs de mercure, qui est adapté à l'activité (robuste, démontable, faible coût de réalisation...), et qui comporte un lit de charbon actif

Cet appareil a été installé dans un des comptoirs d'or à Cayenne en octobre dernier, et devrait être proposé à l'ensemble de la profession.

Les mesures effectuées avant et après la mise en place du dispositif d'assainissement (avant et après le fleurage au soufre du sol de l'atelier) ont permis de mettre en exergue une incidence positive de l'installation du dispositif sur la pollution ambiante de l'atelier.

Le dispositif d'assainissement mérite certes d'être amélioré, mais il est d'ores et déjà très efficace dans la mesure où :

- les taux de récupération du mercure sont élevés (la quasi-totalité du mercure est recueillie au fond du condenseur) ;
- la purge du mercure est aisée ;
- un flux résiduel de vapeurs de mercure est émis en sortie de lit de charbon actif, de l'ordre de quelques centaines de mg/h avec des teneurs qui peuvent être réduites à moins de 100 µg/m³ ; précisons que le charbon actif imprégné peut être remis au four pour y être désorbé.

Il y a donc une incidence forte du dispositif et de la décontamination sur l'exposition de l'opérateur : on est à moins de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lors des essais de distillation contre un peu moins de $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avant la mise en place du dispositif.

7. Conclusion

Les activités d'orpaillage sont incontestablement des activités à haut risque chimique pour les travailleurs. Il est néanmoins possible de limiter l'exposition des opérateurs à l'aide de technologies simples et peu coûteuses (moins de 1 000 euros). L'INRS poursuit ses études sur l'ingénierie de l'appareil, pour proposer aux professionnels un bon compromis pour le choix et la mise en œuvre du charbon actif (réflexion autour d'un protocole de revalorisation du charbon actif usagé).

Enfin, il faudra poursuivre la campagne d'information et de valorisation avec les différentes institutions locales (CGSS, DSDS, DRIRE, ONF, DRRT...).

A titre d'information, en 2003, des mesures avaient été effectuées sur 5 sites miniers. Y compris dans ce cas, alors qu'il s'agit d'un environnement nettement plus aéré, les valeurs étaient inquiétantes puisqu'elles pouvaient frôler les 300 voire les $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Première discussion générale

Les débats étaient animés par Jean-François VIEL, professeur de santé publique à la faculté de médecine de Besançon.

Michèle FROMENT-VEDRINE

Avant de reprendre nos travaux, et avant que Gilles Brücker nous rejoigne, j'ai demandé au Docteur Saviuc de faire un bref point sur les symptômes d'une contamination au mercure.

Docteur SAVIUC, Toxicologie Clinique, Département de Veille Sanitaire, CHU Grenoble

Les fortes expositions par le mercure métallique entraînent chez l'adulte une encéphalopathie et une ataxie cérébelleuse. Cependant, ces symptômes sont actuellement rarement observés en clinique humaine. L'adulte exposé à de fortes concentrations en mercure manifesterait plutôt un tremblement typiquement d'intention.

Les effets du mercure organique chez l'enfant se traduisent cliniquement par une diminution des réflexes ostéo-tendineux et par des troubles de l'attention, des déficits cognitifs et des troubles de la mémorisation. Ces troubles sont extrêmement difficiles à mettre en évidence à l'échelle individuelle. Ils sont objectivés par des tests dont l'interprétation et l'analyse peuvent être rendus difficiles notamment quand ces tests sont utilisés dans des communautés non occidentales. Ces points ont été soulignés ce matin par Nadine Fréry. Ces effets "faibles", pour être pleinement appréciés, nécessitent la réalisation de nombreuses études épidémiologiques : c'était déjà le cas avec le plomb, pour lequel plusieurs méta-analyses d'études épidémiologiques ont été répétées pour mettre en évidence, en ce qui concerne le niveau du seuil, des résultats acceptés par tous.

Philippe QUENEL

Même si ces études ont montré que les manifestations étaient de type infra-cliniques, et qu'il fallait utiliser des tests pour mettre en évidence des déficits extrêmement fins, et même si ces tests posent des problèmes de reproductibilité, force est de constater une constance des résultats. Les effets sont certes modérés en termes de santé publique, mais j'y vois un appel impérieux pour la mise en œuvre des mesures de réduction du risque de manière ciblée, pour précisément contenir ces niveaux de risques.

Jean-François VIEL

La contamination au mercure est-elle un problème de santé publique et/ou environnemental ? Ne faut-il pas analyser cette exposition selon qu'il s'agit du méthylmercure et du mercure inorganique, sachant que les voies d'exposition sont différentes, de même que les effets et les amplifications ?

Une première question écrite m'a été remise : « A-t-on besoin d'autres études, environnementales et épidémiologiques, pour appréhender l'ampleur du risque aujourd'hui ? ». Pour le dire autrement, en sait-on assez, aujourd'hui, pour débattre ?

Nadine FRERY

Les études épidémiologiques qui ont été réalisées en Guyane nous ont apporté un certain nombre d'enseignements. Nous savons ainsi, en ce qui concerne l'exposition, que les populations touchées sont délimitées au plan géographique (les zones de fleuves) et ethnique (les populations amérindiennes).

Les deux principales cohortes (Seychelles, Féroé) ont donné des résultats divergents. Il reste à définir le seuil à partir duquel on peut considérer qu'il y a une augmentation de l'effet critique dans la population. Nous sommes au cœur du débat sur la *benchmark dose*, qui n'est pas encore tranché aujourd'hui.

Jean-François VIEL

Cette absence de consensus plaide-t-elle en faveur de la réalisation d'études supplémentaires, tenant notamment compte des facteurs de confusion locaux ?

Nadine FRERY

A mon avis, il est difficile de faire mieux que ce qui a été fait à Féroé et aux Seychelles. En Guyane, il faut tenir compte des contraintes démographiques locales : dans les échantillons, il n'est pas possible d'inclure certaines tranches d'âge avec des effectifs suffisants.

Paul LECOMTE, Délégué régional à la recherche et à la technologique, région Guyane

Je pense que les chercheurs n'ont pas encore répondu à l'ensemble des interrogations que pose la problématique de l'intoxication par le mercure et ses incidences sur la santé publique et sur l'environnement. Mais cela ne doit pas être un alibi pour se prévenir d'agir, car c'est véritablement un problème de société en Guyane.

Jean-François VIEL

Je pense que nous partageons tous cette analyse. La deuxième partie de la journée portera précisément sur la gestion des risques.

Georges SALINE, Département Santé Environnement, InVS

Combien de personnes sont-elles concernées à la fois par le risque environnemental et le risque professionnel ? Est-on en mesure de quantifier la taille de ces populations ?

Jean-François VIEL

Pour l'instant, nous nous en tenons au risque environnemental et sanitaire lié au mercure organique. Nous aborderons plus tard la question du risque liée au mercure métallique et ses impacts sur les travailleurs.

Nous avons vu ce matin que les zones de forte imprégnation étaient ciblées : le Haut Maroni et le Haut Oyapock.

Philippe QUENEL

Sur Camopi, la population exposée s'élève à environ 1 000 personnes. Sur le Haut Maroni, cela représente une population d'environ 800 personnes.

Jean-François VIEL

La population des écarts est-elle incluse ?

Philippe QUENEL

Il faut distinguer trois catégories de populations : les populations amérindiennes du Haut Maroni et du Haut Oyapock ; les populations vivant dans les écarts autour des bourgs (Camopi, Maripasoula...) ; les populations où les niveaux moyens d'exposition sont relativement faibles mais où les populations socio-économiquement défavorisées (Brésiliens, Surinamiens...) sont exposées.

Jean-François VIEL

En termes d'évaluation de l'exposition au risque, on peut donc dire que la problématique a été cernée.

Eric GODARD, ingénieur sanitaire à la DSDS de Guyane

Des études ont été réalisées ailleurs dans le monde sur les effets sanitaires du mercure et le niveau d'imprégnation mercurielle. A-t-on réalisé des études sur les capacités de résistance des populations aux effets du mercure et du méthylmercure ? Je pense notamment à l'incidence de certains modes alimentaires, dont les facteurs protecteurs ou aggravants pourraient soit donner une tolérance supérieure au méthylmercure soit, au contraire, rendre plus vulnérable.

Philippe QUENEL

Je ne répondrai pas directement à cette question, mais je ne vois aucune justification à ce type d'études dans la mesure où le risque d'exposition et d'imprégnation est déjà avéré. Même si telle n'est pas la question de Monsieur Godard, je ne vois pas comment on pourrait, d'un point de vue éthique, dire à ces populations que leur exposition est « tolérable » car certaines conditions les rendent plus résistants ! Aujourd'hui, nous en savons suffisamment pour agir. Reste à savoir comment agir de manière efficace sans entraîner des effets pervers. Même si des axes de recherche sont encore possibles pour enrichir l'état des connaissances sur cette question, l'heure est à l'action, à la conduction d'une véritable politique de santé publique pour les populations qui sont déjà fortement exposées.

Georges SALINE

Aux Seychelles, on s'est d'ailleurs demandé si le fait de manger du poisson 12 fois par semaine n'apportait pas des oméga 3, qui sont des facteurs naturellement protecteurs.

Jean-François VIEL

La fréquence de l'exposition peut aussi susciter ce type de raisonnement, sans différer, bien entendu, la nécessité d'agir.

Marc ROULET, IRD Bolivie

Sur le bassin amazonien, on a pu constater que les teneurs étaient plus importantes dans les cheveux des populations des régions du Rio Negro, qui sont des zones exemptes d'orpaillage. On peut donc se demander si cela n'est pas dû à une très longue période d'exposition (plusieurs centaines d'années) des populations amérindiennes de ces régions. A mon sens, nous manquons cruellement d'études comparatives entre différents types de populations présentant un profil génétique différent et des conditions alimentaires distinctes.

Jean-François VIEL

Cela plaide donc en faveur d'une grande étude sur le bassin amazonien...

Nadine FRERY

Là encore, une telle étude n'est pas possible en Guyane, pour les raisons démographiques que j'ai déjà soulignées : les effectifs par tranches d'âge sont insuffisants. D'ailleurs, est-ce vraiment intéressant de savoir si les effets s'expriment de la même manière en fonction des populations ? Il faudrait, dans ce cas, réaliser des études multicentriques, avec les mêmes méthodes et les mêmes opérateurs. A l'instar de Philippe Quénel, je m'interroge sur le caractère éthique de ces études.

Laurence MAURICE-BOURGOUIN, IRD

J'ai travaillé sur le problème de la contamination par le mercure en Bolivie pendant six ans. Je voudrais renverser la précédente question : pourquoi n'étudierions-nous pas plus en détail les effets de la contamination au mercure sur les conditions sanitaires, sociales et ethnographiques des populations indigènes et amérindiennes fortement exposées ? En Bolivie, nous avons étudié différentes populations riveraines, qui ont pour base alimentaire principale des poissons piscivores largement contaminés en mercure. Les premiers résultats semblent suggérer l'influence de facteurs sanitaires locaux aggravants. Très peu a été dit ce matin sur le paludisme ou encore sur l'anémie, qui est un problème alarmant en Bolivie (chez les femmes enceintes, cela peut provoquer des retards dans le développement). Ces études détaillées me paraissent plus que nécessaires.

Jean-François VIEL

Cette approche ethnologique et anthropologique est, je crois, à l'interface de la politique de gestion des risques. Si je récapitule les différentes interventions qui ont été faites à ce stade, on peut dire que nous en savons suffisamment sur l'exposition au mercure en Guyane, qui a été ciblée selon plusieurs facteurs. On sait également, à la lueur des autres études, qu'il est temps de prendre des mesures, avec la nécessité de conduire, en parallèle, des études reposant sur une approche ethnologique, anthropologique et tenant compte d'autres facteurs, dans une optique comparative.

Une intervenante

En Amazonie, nous sommes sur une zone géographique particulière : le sol est caractérisé par une contamination naturelle forte au mercure. Dans les diverses études épidémiologiques qui ont été conduites, a-t-on étudié des cohortes de populations amérindiennes témoins qui ne seraient pas exposées, car éloignées des sites d'orpaillage ?

Jean-François VIEL

En Bolivie, le fond géochimique est moins chargé en mercure qu'en Guyane française. On pourrait, justement, faire des comparaisons sur la base de méthodes identiques.

Marc ROULET

Plusieurs facteurs environnementaux doivent être réunis pour parvenir à une contamination humaine, notamment les conditions permettant une méthylation importante et une bio-accumulation suffisante le long des chaînes trophiques. En outre, dans des milieux présentant des fonds géochimiques différents, on peut très bien aboutir à des résultats similaires. Il faut donc considérer l'ensemble des clés du cycle de transformation du mercure. Dans le cas d'une source naturelle de mercure, ou d'une source de mercure liée à l'orpaillage, en l'absence de méthylation et de chaîne trophique suffisamment longue, le problème de contamination lié à la consommation de poisson peut être limité. A l'inverse, dans un milieu très réactif, qui méthyle intensément (un barrage ou une plaine inondable), avec des chaînes trophiques suffisamment longues, des populations fortement consommatrices de poissons peuvent présenter de fortes concentrations en mercure.

Jean-François VIEL

Nous avons bien compris, je crois, la nécessité de mettre en œuvre une approche intégrée.

Philippe QUENEL

Je partage complètement la synthèse que vous venez de faire. En termes de prévention, nous devons clairement mettre en œuvre une approche « populationnelle », enrichie par des études sociologiques, épidémiologiques et ethnographiques, pour mieux documenter l'état de santé global de ces populations. Nous le verrons sans doute cette après-midi, mais en la matière, une approche

globale et intégrée s'impose, avec pour levier d'action principal un programme prioritaire de prévention.

Jean-François VIEL

Avant de prévenir ces facteurs, encore faut-il les identifier, bien sûr. Sans remettre en cause la nécessité d'agir, il faut clairement documenter l'état de santé global des populations exposées.

Passons à présent au risque environnemental. Peut-on dire aujourd'hui que le risque environnemental lié au méthylmercure est bien documenté en Guyane ?

Laurent CHARLET

Il nous faut clairement approfondir nos connaissances sur le processus de méthylation et de dispersion du mercure dans l'environnement. A Antecum-Pata, on a retrouvé relativement peu de mercure dans les sédiments, alors que sur le barrage de Petit Saut – et ce contre toute attente –, les teneurs mesurées étaient très élevées tant dans l'eau que dans les poissons. Combien de temps le mercure stocké dans le sol met-il pour passer dans les muscles du poisson ? Telle est la question.

Jean-François VIEL

Vous plaidez donc, si j'ai bien compris, pour des études complémentaires (sans écarter l'action) qui seraient mises à profit dans le cadre d'une gestion des risques très en amont.

Laurent CHARLET

Il faudrait comparer des milieux présentant des fonds géochimiques différents et essayer de comprendre les raisons pour lesquelles les données peuvent, malgré tout, converger. Pour ma part, j'aimerais comprendre pourquoi des zones de forte imprégnation de la population par le mercure ne correspondent pas à des zones de forte contamination environnementale.

Marc ROULET

Au Brésil, on avait constaté que les plaines inondées et les environnements réducteurs et riches en matières organiques étaient des zones de forte méthylation. En revanche, la méthylation était réduite dans les zones libres d'eau et dans les sédiments. Mais là aussi, la méthylation est soumise aux variations saisonnières. En Amazonie centrale, le phénomène d'inondation est assez régulier. Il est plus ou moins régulier en Bolivie et en Guyane. Il faut appréhender l'ensemble de ces traits et de ces dynamiques pour conduire une étude comparative.

Jean-François VIEL

En sait-on assez, aujourd'hui, sur la cartographie du risque environnemental lié au mercure en Guyane française ?

Régine MAURY-BRACHET

Je répondrai clairement par la négative à cette question. Dans le cadre de l'axe 1, des sites, qui n'avaient jamais été orpaillés, présentent malgré tout des niveaux de concentration élevés. Il faut donc réaliser des études comparatives selon l'historique du site (site orpaillé, anciennement orpaillé, nouvellement orpaillé, jamais orpaillé). Il faut aussi comprendre pourquoi on a des niveaux de contamination plus faibles dans le bassin de l'Oyapock par rapport au Sinnamary ou au Haut Maroni...

Jean-François VIEL

Si j'ai bien compris vos propos, la cartographie du risque environnemental, telle qu'on peut l'établir à partir des mesures faites sur les Aïmaras, est insuffisante ?

Régine MAURY-BRACHET

Il nous faudrait déjà étoffer notre échantillon, aller au-delà de l'espèce Aïmara ...

Philippe FREYSSINET

Des questions resteront toujours en suspens sur la manière dont le mercure se diffuse dans l'environnement, et sur l'interface entre le monde minéral et le monde vivant. Quelques sites pilotes, en Guyane, sont remarquablement bien documentés (le barrage du Petit Saut par exemple), mais nous n'avons encore aucune vision globale de la problématique de l'exposition, de la contamination et de la transformation du mercure, qui est pourtant nécessaire pour développer une méthodologie de gestion du risque environnemental.

Un intervenant du MEDD

Je ne peux que renchérir sur l'intervention des deux interlocuteurs précédents. Aujourd'hui, nous ne disposons pas d'éléments d'études irréfutables sur la localisation et le phénomène de distribution spatiale du mercure. Il faut aussi renforcer la transparence sur l'origine du mercure, qui pose la question de la responsabilité des activités minières et des sociétés dans le risque environnemental lié au mercure.

Jean-François VIEL

Nous sommes, là, en face d'une configuration de santé publique peu banale : en effet, pour une fois, nous avons le dispositif sanitaire requis, mais nous n'avons pas des indications suffisantes sur l'exposition, les mécanismes de méthylation et la cartographie du risque. Un système d'information géographique permettrait, à mon sens, de superposer les différentes « couches » de connaissances géologiques, chimiques, géographiques et sanitaires.

Philippe QUENEL

Cette dernière proposition est structurante et porteuse d'avenir pour nos recherches en la matière. Avant même de lancer de nouvelles études, l'urgence est à l'organisation des différentes données existantes dans un SIG, qui nous fournirait les outils pour bâtir une véritable cartographie du risque.

Jean-François VIEL

Se poserait, malheureusement, la question imparable du financement.

Laurent CHARLET

Nous avons travaillé avec le colonel en charge du 20^{ème} RIMA, qui disposait d'une cartographie remarquable des sites d'orpaillage. Il faudrait inclure ces données dans le SIG final...

François SIMON, IRD Montpellier

A mon sens, il n'y a pas d'antagonisme entre le fait de faire de la recherche et des études et le fait d'intervenir, car on apprend considérablement en intervenant. Les deux démarches peuvent être conduites en parallèle.

Une représentante du Ministère de l'Ecologie et du Développement durable

Le degré d'imprégnation du mercure dans la population amérindienne est bien connu, mais que sait-on du degré d'imprégnation dans la faune ? Je présume que les habitants de la Guyane mangent d'autres animaux... En outre, que sait-on sur l'impact écologique du mercure ?

Nadine FRERY

Nous avons conduit une étude en ce sens sur la population Wayana : nous avons regardé le nombre de jours où l'on consommait du gibier (cette consommation reste assez minoritaire), et nous avons procédé à quelques dosages exploratoires sur certains gibiers. Les concentrations de mercure étaient négligeables.

Régine MAURY-BRACHET

Je le confirme. La teneur en mercure est très faible dans les tissus musculaires des animaux terrestres. Il semble que la prévalence est plus marquée dans la flore. Un oiseau granivore aura des quantités de mercure très faibles (de l'ordre de quelques nanogrammes). Un oiseau insectivore présentera une teneur supérieure (de l'ordre de 600 nanogrammes), tandis qu'un martin-pêcheur, qui se nourrit de produits aquatiques, affichera une concentration de l'ordre de 3 500 nanogrammes. L'hirondelle, par exemple, est plus contaminée que le perroquet parce qu'elle se nourrit d'insectes, et que la phase larvaire des insectes est aquatique.

Jean-François VIEL

Passons à présent à l'état de nos connaissances sur le mercure inorganique et l'exposition des travailleurs (les travailleurs des sites d'orpaillage, les artisans des comptoirs). Peut-on cerner, à ce jour, le degré de contamination environnementale des sites d'orpaillage ?

Philippe FREYSSINET

Les informations dont nous disposons sont très ponctuelles. Encore une fois, la contamination des sites d'orpaillage dépend de l'activité du site, sachant que l'orpaillage est une activité aléatoire. Certains sites ont été très fortement contaminés, d'autres le sont beaucoup moins. Les archives minières constituent des sources d'informations précieuses : on peut notamment exploiter les indications sur la production d'or car la corrélation entre la production d'or et la contamination en mercure est très probable. A l'échelle des sites, il convient de mettre en place des méthodologies de diagnostic simplifié du potentiel de relargage en mercure d'un site.

Jean-François VIEL

A votre avis, les archives sont-elles documentées de manière exhaustive et d'excellente qualité ? je présume qu'elles permettent d'apprécier le risque cumulatif...

Philippe FREYSSINET

Les archives françaises sont, à ce niveau, de très bonne qualité. Les analyses historiques proviennent de l'activité industrielle. Cette approche est tout à fait possible pour l'activité d'orpaillage, car les archives sont de très bonne qualité et portent, en outre, sur un horizon d'un siècle.

Jean-François VIEL

Là aussi, les informations contenues dans les archives peuvent être intégrées dans un SIG. La question juridique ne doit pas être négligée : le droit minier s'applique aux sites d'orpaillage, le droit de l'environnement s'applique aux comptoirs d'or, qui sont des installations classées. Cette diversité juridique peut avoir une incidence sur l'évaluation des risques chez les travailleurs concernés.

Monsieur PEZERIL

Je pense que Monsieur Freyssinet faisait référence aux archives de l'Administration française, qui concernent les exploitations autorisées. Mais le problème guyanais est bien l'exploitation illégale ! De l'ordre de 1 000 personnes sont occupées par une activité aurifère autorisée (soit dans le cadre de PME, de petites entreprises et dans l'artisanat minier). En face, la population d'orpailleurs clandestins, selon la Gendarmerie, s'élèverait à près de 12 000 personnes, et cette population est en croissance exponentielle.

Jean-François VIEL

Au final, la population des travailleurs exposés au mercure, qu'il s'agisse d'une activité légale ou illégale, est très élevée. Quelqu'un, parmi vous, a-t-il des informations précises sur le nombre d'orpailleurs illégaux et clandestins exposés aux vapeurs de mercure ? Non ? Je retiens donc que vous partagez l'estimation de 10 000 à 12 000 personnes.

Stephan BOESE O'REILLY

Il convient de prendre en compte la durée d'exposition des travailleurs. De ce que j'ai vu, la durée d'exposition est aujourd'hui courte comparativement à celle que l'on a pu observer pendant la fameuse « ruée vers l'or » en Guyane. Par ailleurs, il faut s'intéresser non seulement aux travailleurs, mais également à leurs familles, notamment leurs enfants, qui sont doublement exposés : avant la naissance et pendant leur vie sur le site.

Jean-François VIEL

Il faut donc inclure, dans la population des 10 000 à 12 000 orpailleurs clandestins, les membres des familles...

Monsieur LECOMTE

En règle générale, les Garimperos travaillent sur les sites sans leurs familles. Aujourd'hui, depuis les opérations Anaconda, qui consistent à détruire les sites illégaux, à confisquer les matériels et à reconduire les clandestins à la frontière (à Belém fort souvent puisqu'il s'agit généralement de Brésiliens), la population des orpailleurs clandestins tend à diminuer. Ils regagnent souvent d'eux-mêmes leur pays, n'ayant plus les vivres et le carburant nécessaire. En revanche, et cela est moins réjouissant, certains orpailleurs clandestins n'hésitent pas à tirer sur les gendarmes.

Jean-François VIEL

Que peut-on dire, aujourd'hui, sur le niveau d'exposition au mercure inorganique de cette population d'orpailleurs clandestins ?

Monsieur PEZERIL

Les chiffres qui ont été donnés concernent l'effectif global de l'activité régulièrement autorisée. Sur les 1 000 personnes que j'ai citées tout à l'heure, environ un quart des exploitants régulièrement autorisés n'utilisent déjà plus le mercure, anticipant ainsi les décisions réglementaires qui ont été prises par le Préfet de Guyane. De plus, parmi les irréguliers, il faut savoir que sur un chantier classique de 10 personnes, 3 personnes environ sont directement exposées aux vapeurs de mercure. Généralement, celui qui a le nez sur le chalumeau est le pauvre bougre, si je puis m'exprimer ainsi, et il est systématiquement surveillé par d'autres compagnons d'infortune !

Laurent CHARLET

L'émission est très importante au niveau des comptoirs, qui servent ensuite de plaques de diffusion du mercure dans la zone environnante. J'ai travaillé sur les usines de soude et de chlore : généralement, les retombées de mercure sont fortes sur un rayon de 2 kilomètres autour de l'usine.

Jean-François VIEL

Suivre la population des travailleurs illégaux, est-ce un défi que vous accepteriez de relever (avec toutes les précautions nécessaires bien sûr) ?

Philippe QUENEL

Pour ma part, j'estime que nous devons suivre ces populations. Bien entendu, il faut des moyens appropriés, mais nous ne pouvons pas ignorer les travailleurs clandestins, même s'ils sont en situation illégale. Il faut donc documenter ces populations, qui, en outre, présentent des risques élevés inhérents à l'inhalation du mercure inorganique.

Mario NICHELLATTI, Ministère de l'Ecologie et du Développement durable

Quid des problèmes liés aux activités légales d'orpaillage ? Peut-on quantifier la pollution causée par cette activité légale, même si, sur les 1 000 personnes régulièrement autorisées, un quart n'utiliserait plus le mercure ? D'ailleurs, depuis combien de temps n'utilisent-elles plus le mercure ?

Monsieur PEZERIL

L'utilisation du mercure dans l'activité d'orpaillage n'est pas une fatalité. Ayant longtemps vécu en Afrique, en Afrique de l'Ouest notamment, je peux témoigner de l'ampleur de l'activité traditionnelle d'exploitation aurifère entre les frontières du Sénégal, du Mali et de la Guinée, qui extrait dix fois plus d'or de façon traditionnelle que la Guyane aujourd'hui, et pour laquelle pas même un gramme de mercure n'est utilisé ! Le mercure a été introduit en Guyane par les méthodes brésiliennes. Le problème est donc culturel : les Garimperos brésiliens et les exploitants guyanais se sont, au fil du temps, habitués à l'utilisation du mercure. La mine Boulanger, par exemple, n'utilise pas de mercure, et ce quasiment depuis sa création. Mais en l'occurrence, il s'agit d'interlocuteurs sensibilisés aux problèmes environnementaux.

Nadine FRERY

Peut-être, mais qu'en est-il de l'utilisation du cyanure ?

Régine MAURY-BRACHET

L'orpaillage, qu'il soit clandestin ou pas, entraîne une telle turbidité dans les eaux de rivière que cela menace considérablement la biodiversité et, indirectement, les populations qui s'alimentent de poissons. Nous avons prélevé des poissons au niveau d'une mine d'or : il ne reste plus que trois espèces de poissons !

Gilles BRUCKER, Directeur général de l'InVS

Je voudrais prolonger la réflexion de Philippe Quénel sur les enquêtes de populations. C'était d'ailleurs le sens du propos introductif que je voulais faire tout à l'heure. J'en profite pour vous demander d'excuser mon retard. Il me semble extrêmement important que nous puissions conduire des études intégrées et globales sur la santé des populations. Cela nous paraît évident ici, mais sur le terrain, la tâche est plus ardue. Je ne suis pas un spécialiste de la Guyane, mais j'ai eu l'occasion de m'y rendre et de rencontrer les équipes de la CIRE et notamment Philippe Quénel. En remontant le long du Maroni, je n'ai pas tardé à prendre conscience des difficultés sanitaires des populations, qui sont en proie à la tuberculose, au Sida, à la rougeole et aux maladies sexuellement transmissibles. Il faudra donc construire un projet global, en mettant en place des études « populationnelles » pour appréhender les questions comportementales, culturelles, environnementales ou autres. Ce projet est évidemment très ambitieux, d'autant plus que l'isolement des populations ne simplifie pas la démarche. Pour autant, il est clair que notre responsabilité – et elle est partagée par tous - est de faire en sorte de résorber le plus possible les disparités.

Je ne voudrais pas que le raisonnement fataliste qui a été tenu sur Mayotte, qui connaissait des problèmes nutritionnels, se reproduise dans le cadre de la Guyane. Vous avez sans doute vu, dans un BEH récent, qu'une épidémie de bérubéri avait fait 20 morts chez des nouveau-nés : au-delà de l'apport supplémentaire en vitamine B, il nous faut réfléchir à une politique globale nutritionnelle de ces populations.

Jean-François VIEL

Nous partageons d'ailleurs tous cette analyse sur la nécessité de mettre en œuvre une approche globale et intégrée.

Martine LEDRANS, Département Santé Environnement, InVS

Appelons aussi de nos vœux une approche intégrée sur le traitement des nouvelles techniques et des nouveaux *process*. Il ne faudrait pas que le problème du mercure cède la place au cyanure !

Jean-François VIEL

Nous passerons tout à l'heure à la gestion des risques et à cette approche coûts/bénéfices.

Un intervenant

En Guyane française, des clandestins ont-ils recours à la cyanuration ? Je rappelle que c'est une source majeure de pollution et de contamination, les composants chimiques étant solubles.

Monsieur PEZERIL

En Guyane française, actuellement, aucun exploitant n'a recours à la cyanuration, qui est plutôt utilisée pour l'exploitation de minerais primaires, et non pour l'exploitation des alluvions.

Jean-François VIEL

Au-delà de la famille et de l'exploitant, que sait-on sur l'exposition des riverains ?

Nadine FRERY

C'est une problématique majeure. Nous n'avons pas, à ce jour, de données épidémiologiques sur ces populations. Tout reste donc à faire !

Jean-François VIEL

Ne faudrait-il pas construire un SIG avec un modèle de dispersion atmosphérique des rejets de vapeurs de mercure ? C'est juste une suggestion...

Philippe QUENEL

Jusqu'à présent, on ne s'est pas penché sur cette question. L'alerte n'a été donnée que récemment, à travers une étude de l'INRS. Il faudra effectivement initier une réflexion pour documenter ces données, et faire un état de la littérature sur la dispersion atmosphérique des vapeurs de mercure.

Jean-François VIEL

Nous avons passé en revue, au cours de cette première ronde d'échanges, à la fois le risque environnemental et le risque sanitaire de l'exposition au méthylmercure (en identifiant les déficits de connaissances), et le risque l'exposition au mercure métallique. Je vous remercie de votre participation active à ce débat.

Philippe QUENEL

Nous n'insisterons jamais suffisamment sur le potentiel de gravité lié à l'exposition au mercure métallique, qui est extrêmement préoccupant.

Introduction aux travaux de l'après-midi

Gilles BRÜCKER
Directeur Général de l'InVS

Je suis très impressionné à la fois par l'ampleur des informations qui ont été échangées et des questions qu'elles ont fait surgir. Jean-François Viel, dans un rôle admirable de Candide, pose toujours la question de savoir si nous en savons assez. Sur aucune de ces questions faussement candides, quelqu'un n'a osé répondre que nous en savions assez. Nous voyons bien que sur ces questions complexes du cycle de transformation du mercure et de ses manifestations cliniques, nous ne pouvons avancer que dans une concertation très large. Une journée scientifique comme celle-ci tombe donc à point nommé. Je suis très heureux que l'AFSSE et l'InVS soient à l'origine de cette initiative : la réflexion avancera avec votre aide.

Cette après-midi, la question débordera du cadre de la Guyane. Même si les agences de sécurité sanitaire que nous représentons ont une responsabilité directe sur ce qui se passe en Guyane, et sur laquelle il nous faut conduire d'autres études et mettre en œuvre des approches intégrées, nous verrons que cette question est mondiale. Pour cela, je suis très heureux que nous puissions écouter le point de vue du programme de l'ONUDI au Ghana et au Brésil, sans parler de la démarche canadienne.

Enfin, il me semble que les échanges que nous avons aujourd'hui doivent se concevoir comme un appui aux partenaires locaux. D'autres réunions sont d'ailleurs prévues, en Guyane, afin d'identifier les pistes d'une réduction des expositions et de la prise en charge des populations concernées. Ces actions concertées entre les agences, en collaboration avec les partenaires de la recherche, sont des contributions directes aux politiques de santé publique qui peuvent être conduites en ce domaine. C'est l'objectif que nous poursuivons tous. Je pense que Laurent Chambaud, qui devra conclure cette journée, sera tout à fait sensible à cette démarche.

Je me joins à Michèle Froment-Védrine pour vous remercier de votre mobilisation et de votre présence à cette journée.

Etudes similaires et éléments de gestion :
expériences internationales
(réduction de la charge environnementale en mercure,
actions en direction des populations)

**Rendu du projet « Ghana et Orpaillage »,
décisions des autorités locales suite aux études menées
André RAMBAUD**

Dans le cadre des travaux des programmes de l'ONUDI, nous avons eu l'occasion de conduire deux études au Ghana : la première en 2000-2001, la seconde en 2003. Sur chacun des sites concernés, nous avons réalisé une étude de santé, en collaboration avec les Universités de Montpellier et de Pau. L'étude environnementale a été réalisée par le CEMAGREF de Lyon. Je ne vous présenterai que l'étude sanitaire chez les orpailleurs, en particulier l'approche de l'exposition professionnelle.

1. Le contexte ghanéen

Avec 70 tonnes par an (données 2000), le Ghana (18 millions d'habitants) est le deuxième producteur d'or d'Afrique. L'exploitation artisanale a connu un développement rapide autour des sites industriels et dans les zones alluviales. On estime à l'heure actuelle qu'environ 100 000 orpailleurs produisent officiellement 4 tonnes d'or par an. Je pense que cette valeur est extrêmement sous-estimée.

Pour les historiens, le Ghana est le plus vieux pays d'orpaillage, puisque Rome et Carthage s'y approvisionnaient déjà. Les sites industriels se sont développés à partir de 1850, et ont été très nombreux, comme en témoignent les friches. L'orpaillage a été interdit en 1905, re-légalisé en 1989, et s'est développé fortement à partir de cette date.

Les orpailleurs utilisent l'amalgame après concentration par gravité. Le mercure y est utilisé sans aucune précaution. Il se diffuse donc naturellement dans l'environnement, et constitue un facteur de risque sanitaire majeur pour les populations exposées.

2. L'étude sanitaire professionnelle

a. Les objectifs de l'étude

Cette étude avait pour objectif d'évaluer les risques sanitaires professionnels dans une population exposée aux amalgames. Des échantillons représentatifs ont été élaborés, permettant d'inclure à la fois les personnes exposées directement et indirectement. Des prélèvements de sang, d'urine, de cheveux et d'ongles ont été réalisés, sur lesquels le mercure total a été mesuré. En outre, un examen médical a été réalisé.

b. La zone pilote

La zone minière (Ashanti) est située à l'extrême ouest du Ghana : elle fait environ la taille de la région Midi-Pyrénées. Pour l'étude, nous avons travaillé avec la population du village Dumasi.

L'extraction est faite à partir de la roche dure : les habitants broient la roche des sites miniers industriels abandonnés et contenant de petits filons, et utilisent le mercure pour extraire l'or de la substance concassée.

c. L'échantillon

La population adulte de Dumasi, en 1999, était estimée à 1 200 personnes. La population d'orpailleurs en représentait entre 20 % à 30 %. L'échantillon de l'étude réalisée en 2000 comprenait 187 adultes (117 hommes, 70 femmes). L'année suivante, nous n'avons retrouvé qu'un dixième de cet échantillon.

d. Classement des indices d'exposition

Nous avons retenu la classification allemande, en fonction des bio-marqueurs choisis (sang, urine, cheveux), car la classification française ne nous semblait pas très finalisée. En outre, l'équipe de l'ONUDI avait déjà adopté la classification allemande. Nous avons ainsi distingué 4 classes : classe 1 (aucune exposition), classe 2 (faible exposition), classe 3 (exposition moyenne), classe 4 (exposition forte, supérieure à la limite d'exposition professionnelle, le BAT).

Dans la classe 4, les hommes, plus particulièrement concernés par l'activité aurifère, présentent la plus forte teneur. La teneur en mercure est faible chez les non-orpailleurs. Sur les 187 personnes étudiées, 74 (48 orpailleurs et 26 non-orpailleurs) rentrent dans la classe 4 pour au moins un des indicateurs. Parmi les orpailleurs, 13 hommes sur 37 cumulent quatre indicateurs de classe 4. Certains présentent de légers désordres neurologiques. Stéphane Boese O'Reilly développera l'approche clinique.

Si l'on extrapole les résultats obtenus dans notre étude à la population totale de Dumasi (environ 1 200 habitants), de l'ordre de 410 personnes seraient en classe 4. On peut donc s'interroger sur l'existence d'un phénomène de contamination passive. Notons que le brûlage de l'amalgame est fait par le chef de famille, car c'est un acte d'autorité.

e. Conclusions

Cette première étude a mis en évidence un haut degré d'exposition au mercure de la population de Dumasi. La production moyenne d'or est de 0,5 à 1 g par jour et par personne, soit une production de 65 kg d'or par an. Cette population utilisant environ 300 kg de mercure par an, le ratio mercure/or est de 4 sur 1 !

Cette étude montre également que les orpailleurs sont généralement plus exposés que les non-orpailleurs. Les jeunes sont généralement illettrés et affichent la plus forte exposition. De nombreux non-orpailleurs présentent des valeurs élevées, ce qui laisse penser à une contamination par l'environnement.

Un suivi a été réalisé l'année suivant cette étude : les indicateurs semblaient décroître, mais la population suivie était insuffisante.

A l'époque, une campagne de distribution de distillateurs avait été lancée en partenariat avec l'ONUDI. Ce matériel permet de recycler le mercure et d'éviter son rejet dans l'environnement. Une entreprise le fabrique et le vend à faible prix. En outre, une campagne de formation des officiers administratifs des districts miniers du Ghana à l'utilisation de ces équipements a été mise en place.

3. Deuxième étude

La deuxième étude a porté sur une zone alluviale (Giapa) en septembre 2002. Deux études, l'une humaine et l'autre environnementale, ont été réalisées. Signalons que ce bassin est le plus anciennement industrialisé, et donc extrêmement pollué. Une thèse a été réalisée par un Ghanéen, qui a étudié l'ensemble du bassin de l'Enkobra pour étudier le flux des polluants.

Je ne m'attarderai pas sur l'étude sociologique. Sachez simplement que la population avoisinait les 2 000 âmes, avec un peu plus d'hommes que de femmes. Dans la mesure où l'étude s'intéressait à l'exposition indirecte de la population, nous avons tenu compte des familles (épouses et enfants).

Le sociologue avait recruté 267 volontaires dans un premier temps, avec une fiche individuelle et une étude préalable, comme cela avait été pratiqué en Guyane. Finalement, 161 personnes ont été volontaires. Au total, l'étude a été réalisée sur 180 personnes. Cet échantillon comprenait également des « Galamse », le terme local pour définir les orpailleurs. Il était composé de 116 hommes et 64 femmes ; une grande majorité (149) était des orpailleurs. Le niveau d'éducation global est faible, et notamment dans la population féminine.

Nous avons également étudié la population des migrants : quelques-uns travaillent à plein temps dans l'orpaillage, d'autres le font occasionnellement.

S'agissant des résultats de l'étude d'exposition, les valeurs maximales obtenues sont les suivantes : 45 µg/L pour le dosage dans le sang, 206 µg/L pour les urines, 41 µg/g pour les cheveux. Nous avons établi des moyennes par sexe : les concentrations, pour chacun des bio-indicateurs, sont plus élevées chez l'homme. Des valeurs relativement élevées ont été mesurées chez certains enfants. Au final, 56 personnes (dont 53 hommes) ont été classées en classes 3 et 4 pour les urines, le sang et les cheveux.

Une étude neurologique avait également été réalisée. Les hommes ont surtout montré des signes d'atteinte neurologique, mais les paramètres enregistrés étaient relativement faibles. Les signes neurologiques ne seraient pas dus exclusivement au mercure.

Un point, pour finir, sur les mesures gouvernementales. L'orpaillage avait été interdit, puis rétabli en 1989. L'Etat, souhaitant structurer cette activité, a accordé des concessions (de l'ordre de 2 à 10 hectares) à de petites entreprises, des structures de 7 à 8 personnes, en leur accordant une aide financière à l'achat d'outils mécaniques. Les entreprises ont également eu l'autorisation d'importer le mercure, ce qui a alimenté le trafic parallèle. Cette mesure n'a pas produit les effets escomptés puisque, en 2001, on ne recensait que 550 entreprises de ce type, alors que l'on compte 100 000 orpailleurs dans le pays, totalement livrés à eux-mêmes. Le programme de distribution d'alambics, de ce point de vue, me paraît une bonne chose.

**Contexte, organisation, développement du projet et financement,
impact du « Global Mercury Project », information vers les populations locales,
technologies et alternatives au mercure,
formation des orpailleurs et de leurs familles**

Christian BEINHOFF

Responsable du Global Mercury Project à l'ONUDI

1. Project Development

The project started some years ago when the Global Environment Facility had entrusted UNIDO to investigate the impact of small steel gold mining operations in international waters. We checked the situation in almost 15 countries, and submitted a project document to the Global Environment Facility in Washington based on this research. This institution financed the project two years later.

2. Mandate of UNIDO

The UNIDO mandate was to find measures for limiting the release of mercury, and to demonstrate cleaner technologies in the sector. One of our tasks was also to describe the extent of pollution.

We helped to providing sufficient human health data in project-participating countries. While there was enough data in Brazil, there were countries that had practically no data. We also checked the situation of women working in the sector.

Another main objective was to train people. Originally, we had intended to provide baseline training, but this was changed, meaning we had to provide extensive training from top to bottom. We are now working in six countries with this project which started three years ago. These are Brazil, Sudan, Tanzania, Zimbabwe, Laos, and Indonesia. Because of their use of mercury, all of these countries have an impact on international waters.

3. Objectives

a. Introducing cleaner technologies

The objective of the project is to introduce cleaner technologies.

b. Developing capacity and regulatory mechanisms

A second objective is to help develop capacity and regulatory mechanisms and to train people in environment and health monitoring, and in monitoring their own pollution, which they had not previously been capable of.

With project implementation in six countries, a good infrastructure was required. The key personnel in each country are highly-qualified technical experts. We helped to identify project demonstration sites until we came to an agreement on which areas we would work in. We are working in the Tapajos area in Brazil, in North Sulawesi and Central Kalimantan in Indonesia, and north of Louang Prabang along the Mekong in Laos. The Sudanese site is not very accessible, and is 500 kilometres

from Khartoum. In Tanzania, we are working in an area that is close to Lake Victoria and the area drains to Lake Tanganyika. We are also working very close to the Zimbabwean capital Harare.

c. Assessment of environment in hotspot areas

We are preparing training modules which will allow us to train people at a grassroots and environmental level. In all six countries, we have already finalised research on the extent of environmental pollution and its impact on health. We have worked with reputable organisations to facilitate our work. These include BGS, the British Geological Survey. Some final reports are ready, but others are still in preparation. The environmental assessment consisted of taking approximately 700 samples, and analysing these for sediment, soil, and water. We also checked for mercury content in the main food consumed by people living in the hotspots. We also took fish samples to explore the impact of these activities on aquatic life.

d. Health assessment

For the health assessment, we investigated 200 people with 50 serving as a core control group. These 50 had no exposure to mercury and had been checked from a clinical, neurological, and psychological point of view.

Returning to training, we had already trained a number of laboratory technicians from the six countries in using equipment for quantitative mercury analysis, and we have also trained people in semi-quantitative tests developed in Brazil to give a yes or no answer to levels above or below WHO limits. Developing protocols and questionnaires in six countries requires a uniform approach, and everybody who participated in this study had to stick to these protocols. We conducted a number of sociological surveys in order to be able to match environmental and health data.

e. Acquiring and demonstrating affordable high-efficiency clean technology

Gold is almost 20 times heavier than water, so we favour gravimetric separation and the introduction of centrifugal forces and using centrifuges in order to minimise and avoid the use of mercury. In the areas where people are using mercury, we needed to take care that they were protected with the use of retorts. Of many makes of retorts available, we do not favour any one make, and use various types, each with their own advantages and disadvantages. We are currently preparing an international bidding for equipment for the demonstration units. These require a good crushing and grinding process for the centrifugal forces. Additionally, we will introduce a number of retorts.

f. Assist government in developing country-specific policies

We provide assistance in amending existing mining regulations for small-scale miners in all six countries. We have recruited national experts working in close contact with UNIDO and with the US Environmental Protection Agency. We are hoping that this project will not cease when current funds stop. Therefore, we are currently raising additional funds, and have been successful in obtaining these. Your government is among the generous donors in this respect, and we organise donor seminars to raise further funds.

4. Selected Results From Environmental Health Studies

I now turn to selected results from the environmental and health studies. In Venezuela, we have located people with average concentration in urine of 100 mcg of mercury per gram of creatinine,

and 14% of miners showed mercury concentrations in urine ranging from 1,200 to 3,200 mcg of mercury per gram of creatinine. This is the worst case we have ever seen.

We monitor fish, and in many areas we have seen concentrations of above 1 ppm. We have also frequent discovered blood concentrations of above 50 mcg per litre.

In Brazil, comparing miners with non-miners, between 16% to 27% of miners suffer from a metallic taste. Between 20% and 47% suffer from an intentional tremor. This is not normal in comparison with the non-mining community, and is a disastrous health situation. We are finding similar results in the Philippines. There, 40% of the mining population show the metallic taste symptoms. Unfortunately, the non-mining community there are also affected (11% suffer from a metallic taste), with their habitat contaminated by mercury. These people show similar results regarding tremors. A very high percentage of people in the mining community (19%) also suffer from ataxia.

In Tanzania, the health situation is very serious as the environmental situation is not as we had previously thought. We have taken samples from river sediments to check the impact of tailings from historic operations, and found that there is little danger from the water people drink. However, the mercury in sediment exceeds the toxic effects thresholds. Mercury-containing tailings are a huge threat to the mining population, especially when agricultural sites are flooded by these materials. When these tailings are then reprocessed, people can suffer from a high exposure to mercury. The soil at agricultural sites was quite normal, though a few exceeded the Canadian soil quality guidelines. Mercury was, however, below detection limits in vegetables and fruit. Therefore, we could completely exclude this exposure route. This is not the case with fish, however. People in the area eat fish from lake Victoria. While this does not represent any danger, mercury levels in fish from areas around the hotspot reached 900,000 mcg per kg. However, people are not eating this type of fish. Therefore, we believe there is no danger from this source.

Taking this into account, what is the exposure route? We can exclude crops and agricultural problems, and can clearly state that the problem arises from occupational exposure. There is no danger from water, rice, maize. However, there might be a threat from ingestion of fish caught in the hotspot areas. We can also conclude that soil and dust ingestion is certainly one of the main exposure routes for the people living in the area.

Développement et utilisation du protocole d'évaluation d'impact sanitaire

Stéphane BOESE O'REILLY

Institut de médecine légale, Ludwig Maximilians, Université de Munich

1. GEF/UNDP/UNIDO

I am a paediatrician from Munich who is involved in the UNIDO project health assessment. We are using the health assessment protocol in this project which I will now describe.

2. Methods

We have a number of mining sites in the UNIDO project. We have 500 people involved in Indonesia, and a similar number in both Tanzania and Zimbabwe. We are also working in Sudan and Laos, and our colleagues in Brazil are also involved. Small-scale mining is a world-wide problem. The protocol we are using is called the Montreal protocol. If we are going to examine the health of miners in hotspot areas, we have to perform a standardised study. We collect a lot of data, but the protocol helps in this collection as it standardises the data. Therefore, we collect the same kind of data every year in each country. If you are interested in a special topic, you can add data. However, you have to collect it in the same manner in each country.

Part of this protocol is a questionnaire about symptoms and a medical examination. The protocol prescribes that we analyse a number of human specimens. In this case, we analyse blood, urine, and hair. We do this because we do not know in advance what kind of mercury exposure is prevalent. We need to determine if people are exposed to organic mercury, inorganic mercury, or elemental mercury. Therefore, by analysing each specimen, it is much easier for us to determine the source of contamination exposure. By following this protocol, we can determine whether the source was fish, water, or food. It is much more expensive and difficult to store these samples in the area, and to transport them to European laboratories, but it was of major benefits.

Essentially, the protocol helps us to identify whether somebody is contaminated or not.

3. Exposure Evaluation

How do we take the exposure levels in the health assessment? On the one hand the assessment gives us a clear indication of whether the area is exposed or not, but from the point of health, the project assessment is a little different to what was done before. We do not take the general air levels, but look instead at peoples' residences and workplaces. We also have a control area where there is no contamination. We compare these with people who live in areas which are exposed, but who do not work as miners or have no contact with mercury, apart from living in the area. Then we have people who work with mercury, but they do not burn the amalgam.

People handling mercury take the ore, powder it, and place it in a pan where there is mercury. A worker then adds water in a process known as panning. This is what people did in Tanzania where we had our examinations. Liquid mercury is a shiny, silvery substance in the pan. Despite the fact that these people handle mercury with their bare hands, this is not the highest-risk group.

After the powdering of the fine ore and the panning of the liquid mercury, gold is attached to the mercury producing the amalgam. Unfortunately people have no concept of the risks they are taking, and this activity is therefore undertaken by men, women, and children oblivious to the dangers.

The amalgam then takes on the consistency of a little stone, and the next task is to extract the gold. This process produces a lot of mercury vapour and often exposes people to great danger as it often occurs in the middle of villages and in areas where there are many people. When the miners produce the gold they get their money.

Therefore, we have a control group, people in the area, people handling mercury, and people burning amalgam. Another problem is that there are often a lot of children in these areas, and many like to watch miners working with mercury during the processes. Therefore, we have another group being exposed.

4. Symptoms

The typical symptoms of chronic mercury intoxication are tremor, ataxia, problematic movement co-ordination, problematic salivation, and metallic taste. Some symptoms are so severe that they are instantly obvious to others, such as extreme tremors. However, most people have symptoms that only doctors can notice.

5. Medical Examination and Criteria of Intoxication

We define mercury intoxication as contamination above a certain limit as there is no international definition of mercury intoxication. We take information given to us by patients, examine them for tremor, ataxia, or co-ordination problems, and conduct some neuro-psychological tests. We then use a scale from 0 to 21 points, where 0 represents excellent health and 21 represents chronic ailment. Threshold limits or levels have already been explained to you by another speaker, and we use these levels to assess people's health. So if a person is found to possess a degree of intoxication lower than the first level, we diagnose that person as safe. A degree between the first and second levels is diagnosed as potentially problematic. Anything over the second level is considered dangerous, and some action must be taken.

As we have 1,000 patients in our database, we need a lot of statistics. For that purpose, we use SPSS to analyse the data. If a worker has a mercury intoxication level higher than a certain limit, he or she is not allowed to return to work. If somebody has a certain level greater than level 2, and evinces several typical symptoms, we call this mercury intoxication as well. If somebody is between levels 1 and 2, they must possess typical symptoms before we diagnose them as intoxicated. If somebody does not have any mercury levels in the body but evinces a lot of symptoms, we deduce that these are caused by some other factor. Therefore, we level out the symptoms by monitoring to arrive at a satisfactory intoxication definition.

6. Results of Studies in Indonesia, Tanzania, and Zimbabwe

Now, I would like to briefly discuss the results of three studies in Indonesia, Tanzania, and Zimbabwe. In Zimbabwe, we were able to conduct our work with environmental experts for the first time. This was very helpful and is perhaps the ideal way to conduct such studies.

In our control groups, hardly anybody evinced tremor symptoms. Obviously, the exposed groups evinced much higher symptoms of ataxia, tremor, and co-ordination problems.

In Zimbabwe, we have the equipment to analyse urine available, allowing us to go into the mining area and work from there. We need little technology and equipment and can arrive quickly at results. Amalgam burners are the most exposed group, while the control groups are non-exposed. Tanzania had the lowest exposure, while Zimbabwe had the highest levels.

The same patterns were shown for blood and for hair. This allows us to compare the different areas as the data was selected in the same way regardless of location. We also conducted the matchbox test in these areas, where we asked the subject to open the matchbox, empty it, and put all of the matches back in the box. We timed the subject in completing the task, and this allowed us to measure co-ordination. Not many subjects in the control groups were slow, but in Indonesia many people were slow. This gave us a trend. We also conducted a neuro-psychological test to determine how many dots a subject could make on a piece of paper within a certain time. These tests were easy to perform in these areas. All they required were matchboxes and paper, and were freely available in these countries. Typically, the control groups performed better than the exposed groups.

We found that none of the control group members in the three countries were intoxicated. In Tanzania, about 24% of subjects were intoxicated, while nearly 70% of small-scale miners working with amalgam were intoxicated. A slightly smaller figure resulted in Indonesia.

7. Summary

The protocol is therefore helpful in determining intoxication, and in deciding what should be assessed and how. The protocol also allows us to compare different regions for health and exposure problems. It also allows us to compare over time by returning to an area and repeating the test. It is also possible to identify hotspots. While it is not very fair to the people living in the area, the people in these areas are like guinea pigs.

Etudes similaires et éléments de gestion

Projet Brésil : résultat des enquêtes menées au Brésil, ateliers avec les communautés et résultats des conseils sur la consommation de poissons

Marc ROULET
IRD Bolivie

Le projet Brésil a été réalisé par l'équipe de Donna Mergler, de l'Université du Québec à Montréal, en collaboration avec l'Université fédérale du Carhart et l'Université de Rio de Janeiro, et, bien sûr, avec la participation des villageois du Rio Tapajos au Brésil. Le Rio Tapajos est l'un des principaux affluents de l'Amazonie centrale. J'y ai participé lorsque j'étais au Canada. Ce projet propose une approche systémique de la santé humaine : il s'intéresse à la manière de réduire la consommation de poisson en fonction de l'exposition au mercure.

1. Les sources de mercure et ses conséquences dans l'environnement

Le relargage du mercure a différentes origines. Quel que soit le cas, le mercure doit être méthylié pour avoir une incidence environnementale.

A l'origine du projet, nous étions partis de l'hypothèse que le mercure avait été relargué par les orpailleurs. Nous avons constaté une accumulation dans le réseau trophique, ainsi qu'une exposition humaine. En 1998, au terme de la première phase du projet, nous avons finalement conclu que c'était le déboisement et non l'orpaillage qui était la principale cause des flux de mercure dans l'environnement.

L'étude a porté sur plus de 2 000 poissons, soit une quarantaine d'espèces commerciales. La majorité des poissons carnivores présentaient une concentration en mercure élevée, dépassant de plus de 30 % les limites recommandées par l'OMS (de 0,5 ppm). En outre, la majorité des poissons herbivores présentaient généralement des teneurs largement inférieures à 0,2 ppm.

Chez les humains, les concentrations mesurées dans les cheveux étaient plus élevées chez les villageois ayant un régime essentiellement piscivore, et notamment à base de poissons carnivores. On avait également constaté une forte variation saisonnière de la consommation de poissons, qui a permis de développer une approche de régulation de la consommation de ces produits.

Comme les concentrations étaient largement inférieures à 50 ppm, ce sont surtout des altérations précoces du système nerveux qui ont été constatées. Une batterie de tests très sensibles avait été développée pour détecter les problèmes de motricité, de dextérité manuelle et de vision. Des altérations des fonctions motrices, tactiles et visuelles ont été observées parallèlement à l'augmentation progressive des concentrations de mercure dans les cheveux. Les tests de coordination avaient donné les résultats les plus flagrants. Dans ces cas, les concentrations dans les cheveux étaient supérieures à 15 µg/g.

2. Construire des solutions avec les communautés

En 1999, au début de la phase 2, un certain nombre de solutions, tant à court terme (pour réduire les risques toxiques en agissant sur l'alimentation) qu'à moyen terme (pour identifier les sites les moins contaminés et engager des actions de reforestation), avaient été élaborées avec l'aide des communautés.

Nous avons organisé des ateliers sur l'alimentation et la santé. Dans les écoles et les villages, nous avons exhorté les habitants à consommer différemment du poisson, et non pas à arrêter d'en consommer. Pour cela, nous avons utilisé des supports de communication illustrant la chaîne de transformation du mercure dans la nature jusqu'à son accumulation dans les poissons. Le Pescada, qui est le poisson le plus consommé dans les communautés que nous avons étudiées, contenait dix fois plus de mercure qu'un poisson herbivore commun. Nous leur expliquions ainsi qu'une portion du Pescada équivalait à dix portions d'un autre poisson moins chargé en mercure.

Par ailleurs, des affiches didactiques avaient été conçues et distribuées aux villageois, qui pouvaient ainsi les exposer dans leur cuisine. Nous avons adopté un code de couleurs : le rouge correspondait ainsi à un poisson présentant 10 fois plus de mercure qu'un poisson au code de couleur vert.

Nous avons également travaillé en étroite collaboration avec les pêcheurs, afin de nous assurer de l'identité de chaque poisson. Nous pouvions ainsi parler un langage commun.

Au cours de la deuxième phase, nous avons procédé à une réévaluation, à partir de dosages de mercure dans les cheveux et de la réalisation d'une batterie de tests neurologiques. Cette réévaluation a mis en exergue une réduction de la teneur de mercure dans les cheveux (de l'ordre de 40 %) suite à ce changement de mode alimentaire. Entre 1995 et 2000, la quantité hebdomadaire de poissons ingérés n'avait pas diminué, mais les habitants avaient appris à manger davantage de poissons herbivores, diminuant ainsi la dose de mercure ingérée. Nous avons également noté que les populations qui consommaient en parallèle beaucoup de fruits, pour le même nombre de repas de poissons par semaine, présentaient de plus faibles teneurs en mercure dans les cheveux. Cette relation inverse entre la consommation de fruits et les concentrations de mercure dans les cheveux a récemment été confirmée sur une étude plus conséquente portant sur un échantillon de 550 personnes. Cette observation ouvre de nouvelles pistes de réflexions et d'actions sur la nutrition et le rééquilibrage alimentaire de ces populations.

Les test neuro-fonctionnels, eux aussi, avaient confirmé une nette amélioration de la coordination motrice, en relation avec la baisse de la concentration en mercure dans les cheveux. Cependant, l'altération des fonctions visuelles s'était maintenue. Cela laisse penser que certaines altérations ont un caractère irréversible.

Je ne fais plus partie de l'équipe de l'Université du Québec. J'ai désormais intégré l'équipe de l'IRD. Mais une troisième phase a été engagée dans le projet Brésil, qui devrait permettre de mieux appréhender les mécanismes du lien entre la consommation de fruits et l'exposition au mercure. Il s'agit également d'examiner le rôle du sélénium sur la toxicité du mercure.

En conclusion de mon propos, je voudrais juste commenter la courbe de concentration du mercure dans trois espèces de poissons, le Manuripi, le Mamore et l'Itenez. On a constaté que plus la chaîne trophique était longue (et donc plus les maillons étaient nombreux), plus la bio-magnification du mercure était importante. Je précise que ces sites n'abritent aucune activité d'orpillage dans leur bassin versant.

Projet Canada
Claire LALIBERTÉ
Institut National de Santé Publique au Québec

Je vais vous présenter trois cas d'interventions pour limiter le risque d'exposition au mercure, avec un accent sur les données d'évaluation. A ce propos, je voudrais préciser que l'exercice d'évaluation des actions de communication sur le risque, au sein du Ministère de la Santé canadien, est une pratique récente.

1. Les Cris de la Baie-James

La Baie-James est un territoire immense parsemé de lacs et de rivières, qui abrite une population autochtone, les Cris. Un vaste programme de surveillance du mercure dans la population des Cris avait été mis en œuvre dans les années 70 par Santé Canada. Dans les années 80, de nombreux barrages hydroélectriques avaient été mis en eau. Une entente avait alors été signée avec les Cris.

Deux observations avaient été faites : d'une part, une augmentation de la concentration de mercure dans les poissons ; d'autre part, une progression de l'imprégnation mercurielle des populations, les Cris étant de grands consommateurs de poissons.

Dans le cadre de l'entente qui avait été signée entre les Cris et le Gouvernement du Québec, un Comité Mercure avait été mis en place, visant la surveillance du mercure dans ce territoire et dans la population.

Des mesures avaient été effectuées sur les cheveux des mères Cris au moment de l'accouchement. En 1983, le 90^{ème} percentile était à 12,7 mg/kg. Il était descendu à 2,7 mg/kg en 1991.

Les interventions en communication du risque avaient pris la forme d'un avis de santé à la population générale, soulignant les effets sur la santé de la consommation de poissons. La première vague de communication visait à interdire la consommation de certaines espèces. Cela ne plaisait pas aux Cris, qui ne comprenaient pas le bien-fondé de cette interdiction. Dans une deuxième vague, des alternatives avaient été recherchées, et d'autres produits de communication avaient été développés. Un certain nombre d'affiches didactiques avaient été élaborées à cet effet, illustrant le flux du mercure dans la chaîne alimentaire, ainsi que l'imprégnation du mercure dans la faune autre que les poissons.

Quels ont été les effets de ces mesures ? Les activités de pêche et la consommation de poissons avaient diminué considérablement (en raison des interdictions qui avaient été posées), de même que la concentration en mercure. En revanche, de façon concomitante, on avait observé une augmentation du diabète de type II, particulièrement marquée chez les Cris (15 % des Cris de plus de 20 ans).

Une nouvelle entente a été conclue récemment entre les Cris, le Gouvernement du Québec et HydroQuébec, que l'on a appelé la « Paix des braves ». De nouveaux financements ont été dégagés dans ce cadre, ce qui a permis de lancer de nouvelles actions de communication. Un guide de consommation sous forme de carte géographique du territoire est en cours d'élaboration. Le Comité Mercure doit évoluer vers un « Comité Nutrition », à l'intérieur du réseau public. En outre, afin de

sensibiliser les populations à la nécessité de bien s'alimenter, un chef d'origine vietnamienne (qui ressemble physiquement aux Cris) a été recruté pour effectuer une tournée dans les communautés.

Quels constats peut-on tirer de ces différentes phases d'interventions ?

Très clairement, les premières interventions sur le mercure ont eu des effets négatifs sur la santé. Le développement hydroélectrique y a également contribué. Par ailleurs, pour les Cris, le mercure est perçu comme un symbole de l'exploitation de l'étranger. Fort heureusement, un changement de perspective a été amorcé, les interventions étant aujourd'hui davantage tournées vers la nutrition, mais plus que jamais, la question du financement des actions de communication se pose comme un élément moteur.

2. La Basse Côte Nord

La Basse Côte Nord est une zone isolée. Les populations sont installées le long des grands fleuves. On y recense environ 14 villages, pour une dizaine de milliers d'habitants (anglophones, francophones, Innus). Cette région est complètement coupée du reste du Québec : aucun accès routier ne permet de s'y rendre. Les approvisionnements se font quotidiennement par avion, sachant que pendant sept mois sur douze, seul un bateau y passe une fois par semaine. Pendant cinq mois, les glaces constituent un obstacle majeur, les bateaux ne pouvant se frayer un passage vers les villages.

Au début des années 90, une enquête a été réalisée auprès de pêcheurs commerciaux que l'on supposait grands consommateurs de poisson. Des mesures biologiques de contaminants avaient été faites (dans le sang). Cette méthodologie avait été complétée par la réalisation de profils lipidiques et de questionnaires alimentaires.

Quels ont été les résultats de cette enquête ? On s'est aperçu que le mercure était 7 fois plus élevé que la moyenne du Québec, mais également supérieur à la valeur réglementaire. Les organochlorés étaient entre 2 à 10 fois plus élevés. La consommation de produits de la mer y était plus marquée que dans la population québécoise : 136 g/j contre 15 g/j. En outre, on a observé que la population de l'étude consommait, certes de manière saisonnière, des œufs d'oiseaux aquatiques. Enfin, le profil lipidique était avantageux pour la population de pêcheurs.

Des dosages avaient été réalisés pour objectiver la contamination des aliments. Cela a permis d'expliquer aux pêcheurs que les œufs de goélands et de cormorans étaient particulièrement riches en mercure.

Les interventions ont revêtu trois formes :

- **la mise en œuvre d'actions de communication du risque**

Le message qui était véhiculé était simple : il s'agissait d'informer les populations sur la nécessité d'arrêter de consommer des œufs d'oiseaux marins, mais de continuer à manger des produits de la mer. Pour cela, nous avons utilisé des dépliants et lancé des messages radiophoniques. La Santé publique (au niveau de la région) et l'agent de conservation de la faune (à l'échelle locale) étaient les principaux porteurs de ce message.

- **la mise en place d'un programme de surveillance des contaminants et des acides gras oméga 3 à la naissance**

Ce programme s'est déroulé de 1993 à 2000. Il a concerné le dosage des acides gras de type oméga 3, le dosage des organochlorés, du mercure, du plomb et du cadmium, ainsi que le recueil de données anthropométriques à la naissance. Les données de surveillance de l'exposition prénatale engrangées sur la période d'étude font clairement apparaître une diminution de la concentration des organochlorés dans le sang.

- **l'évaluation des actions de communication et des messages véhiculés**

Pour conduire cette évaluation, des consultations ont été mises en place : rencontres avec le Conseil de bande Innu et les responsables locaux de santé ; organisation de groupes de discussion avec des femmes (femmes en âge de procréer et femmes plus âgées). On a ainsi appris que la collecte des œufs d'oiseaux aquatiques était une activité séculaire et familiale, mais aussi saisonnière puisqu'elle dure six semaines au printemps. Face à cette caractéristique culturelle, il a fallu expliquer que le danger des œufs était invisible, en prenant soin de choisir des émetteurs de messages crédibles, les Innus ayant développé, pour des raisons historiques, une certaine méfiance à l'égard des autorités sanitaires. Ajoutons que pour certains, qui voyaient les agents responsables de la faune locale arborer une casquette au logo « Environnement-Protection des espèces », le message qui consiste à interdire la consommation d'œufs d'oiseaux aquatiques était ambigu : s'agissait-il de protéger la santé des Cris ou de protéger les cormorans et les goélands ?

Au titre des autres interventions en matière de communication, il convient de citer la réalisation d'un guide alimentaire Innu, d'une affiche sur la chaîne alimentaire, et de photographies pour illustrer des œufs d'oiseaux marins contaminés.

Plusieurs constats peuvent être tirés de cette expérience :

- nos messages sont transmis sur un terrain qui n'est jamais vierge. Ils perdent de leur crédibilité si l'on ne tient pas compte du contexte culturel et de l'historique. Par ailleurs, ils peuvent entrer en contradiction avec d'autres messages ;
- l'ajout d'une dimension positive à l'étude épidémiologique permet de nuancer le risque. La rencontre directe améliore grandement la compréhension des messages ;
- idéalement, les populations concernées doivent être associées à la production du matériel de communication ;
- dans tous les cas, la portée de nos actes de communication doit être évaluée, et les messages réajustés en conséquence ;
- les discussions sur la santé dépassent de loin une problématique unique. Une démarche orientée « nutrition » apparaît, de ce point de vue, plus riche.

3. Un projet de pêche et consommation en milieu urbain

Le dernier exemple concerne un projet de pêche et de consommation de poisson en milieu urbain (Montréal). Des enquêtes avaient été réalisées, qui avaient mis en exergue une baisse de la consommation de poissons dans les populations urbaines. Cela s'expliquait essentiellement par la

perception collective de la mauvaise qualité du Saint-Laurent, et donc de la mauvaise qualité des poissons qui s'y trouvaient. Dans le cadre de ce projet, les groupes écologistes avaient même accusé la Santé publique de vouloir empoisonner les pauvres.

Le projet avait été réalisé avec un groupe de famille vivant dans le quartier HLM de Maison-Neuve, un des quartiers les plus pauvres de Montréal. Nous voulions savoir s'il existait une pêche de subsistance en milieu urbain. Pour cela, nous avons évalué la consommation de poissons de pêche sportive en milieu urbain, et organisé des groupes de discussion avec les familles retenues dans le cadre du projet.

Comme l'a montré l'enquête, la pêche est perçue comme un luxe. En outre, pour beaucoup, si on ne consommait pas de poisson, on ne s'exposait pas à une contamination au mercure.

Nous avons par ailleurs organisé une sortie de pêche. Cette sortie a eu plusieurs impacts : au plan social, la pêche contribuait à briser l'isolement social ; au plan psychologique, c'était l'occasion de se détendre ; au plan physique, j'imagine que cette énergie évacuée pendant la pêche diminuait les tensions dans les domiciles le soir venu.

4. Conclusions

Le discours sur le risque et sur la santé échappe parfois aux autorités sanitaires. Un danger de récupération (pour répondre à une attente écologiste) peut même surgir.

Il importe d'évaluer le risque réel auprès de la population. Par ailleurs, outre les impacts nutritionnels, il convient de considérer les aspects psychosociaux et culturels.

Dans un autre ordre d'idées, les professionnels de santé publique doivent assurer le *leadership* du discours sanitaire.

Un diagnostic épidémiologique, comportemental et social doit être posé comme préalable à l'intervention.

Enfin, la santé doit être abordée dans sa globalité.

Les actions en cours en Guyane

**Eric GODARD (Direction de la santé et du développement social (DSDS) de la Guyane) et
Jean-Pierre POLLET (Caisse Générale de Sécurité Sociale de Guyane)**

1. Les phases de la gestion du risque

Eric GODARD

En 1999, des informations ont été diffusées auprès des populations, des services locaux et des élus, portant notamment sur les résultats des études réalisées par l'INSERM et l'InVS.

En 2000, le rapport Taubira-Delon est diffusé. La même année, une expertise collégiale de l'IRD est conduite, dont le rapport a été rendu en début d'année 2001.

En 2001, un séminaire a été organisé, qui a rassemblé l'ensemble des experts et des communautés concernées sur la question du méthylmercure, essentiellement sur le Haut Maroni, qui faisait alors l'objet de données alarmantes. Il s'agissait de rechercher des pistes de prévention et de définir les conditions de mise en œuvre de ces solutions. En revanche, si des obstacles avaient été identifiés lors de ce séminaire, un préalable avait été posé par les communautés concernées : elles souhaitaient qu'il soit mis fin à l'orpaillage clandestin dans la zone d'accès réglementé. Ce préalable a constitué un obstacle non négligeable à l'ensemble des discussions qui ont suivi.

Un certain nombre d'actions avaient été identifiées à cette occasion :

- la nécessité de sensibiliser les populations concernées afin d'obtenir une modification des habitudes alimentaires ;
- la nécessité de développer la pisciculture ;
- la nécessité de développer les moyens de conservation par le froid ;
- la création d'un comité de suivi devant traiter exclusivement des aspects de santé publique.

Par la suite, des réunions d'information ont été organisées sur le terrain, qui ont permis de discuter de ces propositions. Des missions ont été par ailleurs organisées en 2002. Le Comité de suivi s'est réuni une seule fois à Maripasoula, en novembre 2001. Dans la mesure où le problème de l'orpaillage n'avait toujours pas été réglé, ce comité de suivi, malgré sa mise en place officielle en juillet 2002 par le préfet de Guyane, n'a jamais pu fonctionner normalement. On peut dire que les différentes parties avaient tiré les leçons de cet échec dès l'année 2002.

En 2003, d'autres projets ont vu le jour :

- la mise en place d'un plan de communication ;
- la réalisation d'une enquête sur la région de Sinnamary, dont les résultats ont déjà été restitués ;
- la création d'un Pôle de compétences, qui a succédé au Comité de suivi local, ayant pour objectif de rassembler les services qui participent à l'environnement, la santé et à la police des activités minières ; il s'agit, par ce biais, de présenter une réponse unique des services de l'Etat sur la problématique mercure.

2. Le plan de communication

Le plan de communication visait plusieurs objectifs :

- combattre les rumeurs ;
- identifier les responsabilités ;
- relativiser la gravité du sujet « mercure » au regard des autres problèmes de santé rencontrés sur les fleuves ;
- sortir du débat de 2001 et surmonter l'obstacle du préalable de l'éradication de l'orpaillage en zone d'accès réglementé.

Depuis le début de l'année 2004, les avancées ont été timides. En fait, des questions se posent encore en matière d'évaluation et de gestion de risque. Et on ne sait pas, à ce jour, si le préalable de 2001 peut être levé.

Concernant la relativisation du débat, je voudrais souligner que le mercure n'est pas le principal problème de santé pour les populations en Guyane. En effet, le taux d'incidence des maladies entériques et parasitaires y est très élevé, sans oublier l'augmentation de la prévalence du paludisme (notamment dans certains villages du Haut Oyapock). D'autres problèmes se posent, qui sont liés à une mauvaise prévention vaccinale (tuberculose, fièvre jaune...), à la montée de l'alcoolisme (qui gagne le Maroni), à la toxicomanie (avec la consommation du crack) et au Sida (on observe d'ailleurs des signes de résistance à la tri-thérapie, sans parler de la difficulté à faire suivre les prescriptions par les patients).

3. La perception du mercure vu de Guyane et d'ailleurs

En Guyane, les effets infra-cliniques du mercure paraissent peu importants au regard des autres problèmes de santé rencontrés sur les fleuves. Cependant, le risque du mercure est le seul qui soit médiatisé.

4. Comment résoudre le problème ?

Des obstacles doivent être levés si on veut aboutir à un changement des comportements alimentaires. Ils sont de plusieurs ordres :

- les oppositions de principe manifestées en 2001 ;
- l'atteinte culturelle (le poids des traditions séculaires) ;
- la raréfaction des ressources protéiques locales et le risque de déséquilibres écologiques ;
- le fait que les apports extérieurs soient conditionnés à des moyens logistiques appropriés ;
- la difficulté d'implanter des activités d'élevage.

La protection alimentaire, à notre sens, devrait répondre aux objectifs suivants :

- éviter de générer des risques plus élevés que les bénéfices attendus en réduisant l'imprégnation mercurielle ;
- cibler les individus les plus exposés et les plus sensibles ;
- la limiter, si possible, à certains stades critiques de la vie et du développement ;
- s'appuyer essentiellement sur les ressources locales ;
- rendre ce changement durable.

Il convient également d'intégrer la question du mercure dans le cadre d'une action de santé multiple, visant :

- la protection contre le méthylmercure ;
- la lutte contre l'alcoolisme des mères ;
- un meilleur équilibre nutritionnel pour les jeunes enfants ;
- une éducation sanitaire pour maîtriser les maladies entériques.

Mais avant toute chose, il est nécessaire de répondre à au moins trois des questions présentées aujourd'hui :

- quelle est l'importance du problème et comment le situer par rapport aux autres problèmes de santé en Guyane ?

- quelle urgence y a-t-il à réagir, sachant qu'il faudra veiller à cibler les objectifs de la protection alimentaire ?
- comment peut-on mettre en œuvre une approche risques/bénéfices dans une telle démarche ?

5. Quel rôle pour la CGSS ?

Jean-Pierre POLLET

La Caisse Générale de Sécurité Sociale est le pendant des CRAM en Métropole, avec, cependant, un cadre de missions plus élargi.

Dans chaque CRAM comme dans chaque CGSS, il existe un service de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles. De fait, nous sommes le gestionnaire de l'assurance du risque professionnel auquel sont exposés les salariés dans le cadre du régime général. Notre champ de compétences recouvre donc l'ensemble des secteurs d'activités, de l'orpaillage à l'activité spatiale. En outre, nous avons également compétence pour le régime agricole.

Après ce préalable, inutile de préciser que la CGSS n'est pas compétente pour intervenir sur l'environnement ou sur les aspects alimentaires.

Nous avons été alertés sur le problème du mercure il y a quatre ans, par un médecin du travail, qui avait diagnostiqué une pathologie mercurielle chez un salarié d'un comptoir. Le risque d'exposition au mercure a été avéré à la suite d'études et d'examen complémentaires. Par la suite, la CGSS avait fait appel au Laboratoire interrégional de chimie de Rouen, qui avait effectué des prélèvements pour caractériser le risque.

Aujourd'hui, notre dispositif de maîtrise du risque (en milieu du travail) est en cours de finalisation. Il s'agira, à terme, de généraliser ce dispositif à l'ensemble des populations exposées. Dans un premier temps, tous les comptoirs de Cayenne et de Guyane seront concernés. Dans un second temps, il faudra se préoccuper des bijoutiers, des horlogers et des joailliers, qui ont pour habitude de traiter l'or dans les arrière-cours des bijouteries. Pour ces populations, aucun élément ne nous permet de caractériser l'exposition.

Comme certains d'entre vous ont pu le constater, la culture de la prévention devient très vite moins prioritaire en Guyane lorsqu'elle impose des contraintes. A mon sens, il faut travailler à la fois sur les leviers de la sensibilisation, de la caractérisation des risques et de l'assistance des populations, des entreprises et des acteurs concernés. Il faut cependant toujours garder à l'esprit qu'il suffit de très peu de matériel pour monter une activité d'orpaillage. Quant aux comptoirs, les mesures de prévention et de protection seront plus aisées à mettre en œuvre. De tels dispositifs pourront également être mis en œuvre sur les sites miniers. Cependant, si la contrainte est trop importante, nous courons le risque d'une dispersion anarchique de l'activité de raffinage.

Deuxième discussion générale : **revue et expertise des différentes approches**

Les échanges étaient animés par Marc Roulet, de l'IRD Bolivie.

Marc ROULET

Les solutions qui viennent d'être présentées pourraient-elles être appliquées au contexte guyanais ? Quels risques de déséquilibre de l'alimentation des populations faut-il anticiper ?

Nadine FRERY

Les populations du Haut Maroni ont une alimentation essentiellement basée sur le poisson, mais il faut savoir qu'il existe des variations saisonnières importantes. En période basse, les alternatives alimentaires au poisson sont donc limitées. Cependant, malgré nos conseils alimentaires concernant les espèces de poissons à éviter, que nous véhiculons notamment auprès des femmes enceintes et en âge de procréer, lorsque vient la période de rareté des poissons (en général au mois de mars), ces messages sont difficilement compris. En 2001, nous avons organisé un séminaire proposant notamment des conseils pour s'alimenter autrement en poisson et en animaux d'élevages. L'approche bénéfices/risques, en ce sens, doit être gérée avec prudence. Nous avons également conçu des affiches illustrant les types de poissons à manger et ceux à éviter. Mais nous nous sommes heurtés à autre barrière : les Amérindiens nous disaient clairement qu'ils ne feraient pas d'effort dans leur mode de consommation tant qu'il y aurait des orpailleurs en amont de leurs villages. C'est un facteur de blocage important.

Benoît CHAMPENOIS

Le préalable qui a été posé concernant l'arrêt de l'orpillage illégal était un facteur de blocage majeur en 2001. Ce préalable va-t-il pouvoir être levé, puisque des discussions portent actuellement sur la délimitation du futur parc naturel de la Guyane ? Il serait question d'autoriser des activités d'orpillage légal en zone périphérique du parc. Ces activités d'orpillage périphériques seront-elles acceptées par les communautés ? Je crains que nous soyons à l'aube de blocages successifs dans les actions qui pourront être engagées. Espérons qu'ils pourront être levés.

Un intervenant

Dans le cas de la Bolivie, je m'étonne que vous soyez parvenus à obtenir une telle substitution dans la consommation des espèces de poissons. Qu'en est-il pour le Brésil ?

Marc ROULET

Au Brésil, dans le village où nous travaillions, la saison humide était davantage problématique car les villageois pêchaient beaucoup plus de poissons prédateurs. Mais globalement, la diversité des

espèces de poissons commercialisées est beaucoup plus importante : environ 40 espèces étaient exploitées, sans oublier les espèces intermédiaires. La substitution était donc possible. Par ailleurs, ces villageois exploitent un faible nombre d'espèce : de l'ordre de 6 espèces par jour. En dehors du contexte culturel, le milieu peut constituer (ou peut ne pas constituer) une contrainte à cette substitution.

Claire LALIBERTE

En Guyane, la politique publique vise-t-elle tous les groupes de populations ou certaines catégories bien identifiées ?

Marc ROULET

Nous reviendrons ultérieurement sur cette question, qui doit être abordée en deuxième partie de ce débat.

La nutrition ne doit pas introduire des déséquilibres dans le milieu naturel. Dès lors qu'on fait manger davantage de poissons herbivores, quelle pression cela peut-il exercer sur le milieu, non d'une communauté, mais de l'ensemble du bassin versant ? En la matière, une modulation me paraît nécessaire.

Nadine FRERY

Dans l'enquête alimentaire qui a été réalisée, certains nous répondaient qu'ils disposaient d'un poisson de 15 grammes pour 12 personnes comme toute nourriture de la journée ! Dans de telles conditions, ils n'hésitent pas à manger les autres poissons qu'ils ont pu pêcher, même s'ils sont fortement contaminés en mercure. Il faut proposer une autre alternative alimentaire.

Marc ROULET

Je voudrais rebondir sur le préalable de l'arrêt de l'orpaillage. Dans le cadre de l'Oyapock, où il n'y a pas d'orpaillage, que peut-on faire ?

Un intervenant

On retrouve une activité d'orpaillage en amont de Camopi sur le Haut Oyapock. Dans le cadre des discussions sur l'aménagement du futur parc naturel régional, la commune de Camopi refuse tout orpaillage sur son site et veut faire partie du parc. Dans la commune de Maripasoula, sur le Maroni, on retrouve des communautés d'orpailleurs légaux, et pas uniquement des Amérindiens. Le débat fait donc également rage entre les communautés.

En 2004, le préfet a pris plusieurs arrêtés, dont l'un interdit l'utilisation du mercure à partir de 2006. Les autres arrêtés sont des mesures transitoires, qui visent à limiter le commerce du mercure et à réglementer sa récupération et à permettre aux orpailleurs légaux d'obtenir des fonds pour transformer leurs installations et leurs *process* pour ne plus utiliser le mercure. Ces actions permettront peut-être de régler le problème plus général de la turbidité, de la perturbation de la

biodiversité et du milieu naturel en général. Cela peut constituer un élément de dialogue avec les communautés.

Par ailleurs, comme le disait très justement Laurent Charlet, nous ne sommes plus en zone d'orpaillage dans le Haut Maroni.

Régine MAURY-BRACHET

Il y en a au Surinam...

Marc ROULET

La perception de l'usage ou non du mercure, pour les populations indigènes, n'est pas très claire. Je pense qu'ils sont davantage alertés par le problème de turbidité.

Eric GODARD

Sur le Tampoc, on nous dénonce actuellement de nombreux chantiers d'orpaillage en préparation, y compris des chantiers qui seraient commandités par des Amérindiens. Sur la rive surinamienne, en amont de Maripasoula, une base logistique très importante a été implantée pour alimenter, là aussi, des chantiers localisés du côté surinamien. L'ensemble de ce secteur est donc, à ce jour, orpaillé. Par ailleurs, outre l'exposition alimentaire par le mercure, il est vrai que les populations sont inquiètes par les incidences que cela peut avoir sur le milieu naturel et la pression que cela peut exercer sur les territoires de chasse. Précisons en effet que la chasse est une des substitutions alimentaires possibles, et que cette pression est plus forte quand des orpailleurs sont également présents sur le territoire.

Monsieur PEZERIL

Les dispositions prises par le préfet de Guyane, à travers ces trois arrêtés, visent à interdire l'utilisation du mercure à partir du 1^{er} janvier 2006 sur tous les chantiers régulièrement autorisés. D'autres actions ont été prises également pour lutter de façon plus sévère et sanctionner les infractions liées à l'orpaillage clandestin. J'aimerais rappeler que la loi de programmation de Justice de 2002 permet désormais aux forces de gendarmerie, sur décision du procureur de la République, de détruire sur place le matériel des exploitations clandestines. C'est une mesure spécifique au territoire guyanais. Et depuis 2002, cela a permis de mettre en œuvre l'opération Anaconda, qui a d'ailleurs bénéficié d'un renforcement des effectifs. Je pense que l'ensemble de la Guyane ressent cette volonté des pouvoirs publics de lutter contre le fléau de l'orpaillage clandestin.

Par ailleurs, et cela mérite d'être souligné, les Amérindiens qui étaient éloignés des activités d'orpaillage commencent désormais à s'intéresser à cette activité. Il faut anticiper cette problématique.

Une représentante du Ministère de l'Ecologie et du Développement durable

Cette problématique renvoie à l'état de sous-développement du sud de la Guyane et des populations Amérindiennes. On parle des effets conjugués de différentes maladies, mais il faut parler des problèmes d'assainissement de l'eau : dans certains villages, il n'y a pas d'eau potable et des enfants meurent encore de dysenterie. On peut comprendre que certains Amérindiens se retournent vers l'orpaillage comme unique option à une vie qui est en train de perdre du sens et à des problèmes économiques majeurs. L'analyse économique doit donc être mise en regard de nos analyses scientifiques.

Nadine FRERY

L'implantation d'orpailleurs en amont des villages, indépendamment de l'usage ou non de mercure, exerce plusieurs pressions sur l'environnement : une pression sur la chasse (qui diminue les alternatives alimentaires), la turbidité de l'eau et ses impacts sur la biodiversité (les Kumaru, par exemple, disparaissent progressivement des eaux turbides). La probabilité de trouver des poissons peu contaminés est donc de plus en plus faible. L'arrêt de l'orpaillage en amont, ainsi que le demandent les Wayanas, doit être reliée à une préoccupation plus générale sur les conditions d'alimentation. Je comprends donc ce préalable de leur part.

Régine MAURY-BRACHET

Ajoutons que les Wayanas font quasiment tout à partir de l'eau du fleuve. Si elle est contaminée, ils ne peuvent plus la boire, plus se baigner, plus s'alimenter...

Marc ROULET

Le contexte guyanais est particulier. Au Brésil, selon que l'on est à l'amont ou à l'aval, on est confronté à des situations différentes dans chaque village. Il faut donc agir au cas par cas. Il me semble que l'Oyapock est moins turbide...

Eric GODARD

L'Oyapock est sain en amont de Camopi, jusqu'à Trois Sauts. La Camopi est affectée par des activités d'orpaillage sur des criques qui donnent sur ce cours d'eau. En aval de Camopi, on retrouve la rivière Sikini qui, elle, est très orpaillée et a fait l'objet d'interventions Anaconda récentes. Cependant, le problème n'est pas encore réglé sur l'amont de la rivière Camopi.

Un intervenant

En ce qui concerne les activités d'orpaillage légales, quel dispositif a-t-on mis en place pour diminuer la turbidité de l'eau et, plus généralement, pour protéger l'environnement et la santé ? Le mercure sera certes interdit à partir de 2006, mais on sait qu'il pourra être importé illégalement dans le cadre de trafic. Au-delà des orpailleurs clandestins, une action me paraît devoir être menée sur l'orpaillage légal.

Marc ROULET

Faudrait-il interdire l'orpaillage alluvial pour se concentrer sur l'orpaillage primaire ?

Un intervenant

Si j'ai bien compris, on envisage, pour les comptoirs d'or, de développer un nouveau *process*, qui permettrait de prévenir le relargage du mercure dans l'atmosphère. Est-il possible de décontaminer le sol sur des sites abritant les activités légales d'orpaillage ?

Une intervenante

Le premier impact de l'orpaillage sur l'environnement est l'augmentation du processus d'érosion et le rejet dans les rivières de tonnes de sédiments. Au niveau des activités d'exploitation, il est possible de réaliser des bassins de décantation, avant le rejet des eaux traitées. Il est donc possible de réduire la quantité de matières en suspension rejetées par les sites exploités. Un tel dispositif est lourd et laborieux à mettre en place, mais son efficacité est plus grande.

Un intervenant

La DRIRE travaille avec les mineurs officiels sur plusieurs plans : sur le problème des baranques, pour permettre une décantation maximale de l'eau ; pour améliorer les procédés de décapage sur les zones de décapage, notamment à l'aide d'une pelle mécanique, qui permet de réduire la pollution. Par ailleurs, il est clair que, dans la communauté guyanaise, nombreux sont ceux qui pensent que la mine alluviale n'est pas rentable pour la Guyane, mais plutôt pour les mineurs eux-mêmes. Une partie de la communauté est donc en train de remettre en question l'activité minière alluviale.

Philippe QUENEL

L'approche communautaire qui a été mise en place au Canada me paraît pertinente. Nous pourrions nous en inspirer en France, pour mettre en œuvre des politiques participatives et communautaires. Autre question majeure : la nécessité de financer ces programmes de prévention à une hauteur aussi importante que les programmes de recherche. Nos administrations centrales, dont le rôle d'accompagnement sera crucial, doivent procéder à un rééquilibrage des financements.

Marc ROULET

Passons à présent à l'exposition environnementale. Le milieu guyanais ne supporterait pas de grands changements ou adaptations alimentaires. Mais si la ressource ne s'y prête pas, et tant que le milieu n'aura pas été remis en état, vers quoi pourra-t-on se tourner ?

Philippe QUENEL

Nous avons souligné la nécessité d'avoir une approche plus élargie que celle qui consiste à cibler sur l'exposition des populations au mercure. Ces populations cumulent plusieurs facteurs de risque : il nous faut donc agir sur leur état de santé général.

Eric GODARD

Nous ne pourrions pas faire, non plus, l'économie d'une approche nutritionnelle, dans une logique bénéfiques/risques. Cette approche intègre les autres problèmes actuellement constatés, notamment les déséquilibres protéiques chez les enfants. Elle doit permettre d'aller vers les populations pour leur proposer des clés permettant d'identifier des solutions et d'engager un véritable processus communautaire. Or pour l'instant, hormis des préconisations sur les substitutions entre les espèces de poissons, force est de constater que nous n'avons pas de discours plus élaboré à leur offrir.

Marc ROULET

Nous concluons cet échange sur l'exposition au mercure métallique.

Une intervenante

Les conditions de vie de certaines populations de Guyane sont en train de se dégrader, selon les propos qui ont été tenus. Ces populations perçoivent-elles le RMI ?

Jean-Pierre POLLET

Comme tout citoyen français, les Guyanais bénéficient des avantages sociaux en vigueur en France. A Maripasoula et sur d'autres zones, les services d'action sociale tiennent des permanences pour leur faciliter l'accès aux prestations sociales.

Une intervenante

On peut donc penser qu'ils se tournent donc vers l'orpaillage pour obtenir un complément de revenu.

Jean-Pierre POLLET

Je ne saurais vous répondre sur ce point.

Marc ROULET

Une dépollution totale est-elle réaliste ?

Fabien GERARDIN

La pollution au mercure métallique est un phénomène durable dans le temps. Schématiquement, on sait que très peu de mercure émet beaucoup et pendant longtemps. L'absorption de mercure sur les différentes surfaces d'un local peut le contaminer pendant de nombreuses années. Ce phénomène a été observé dans les hôpitaux, où de nombreux thermomètres au mercure avaient été cassés au cours des différentes manipulations : les émissions durent très longtemps après. Il en est de même dans les laboratoires. Il est donc primordial de décontaminer un site avant de le réhabiliter.

Philippe FREYSSINET

Le mercure est très bien adsorbé sur les matrices de béton, y compris sur les charpentes métalliques. Aussi, les seules voies de dépollution passent par le démantèlement du bâtiment. Il existe des procédés de désorption thermique opérationnels, qui sont relativement onéreux (de l'ordre de 800 euros la tonne de déblai). Au niveau des sols, en revanche, aucun procédé industriel économiquement viable pour dépolluer les sols et les ramener à des teneurs réglementaires n'a été développé à ce jour. J'en profite pour signaler qu'en France, en matière de gestion industrielle, les seuils relatifs au mercure sont très élevés : les sols à usage industriel, dans les installations classées, se voient appliquer un seuil de l'ordre de 600 ppm. La plupart des autres pays européens ont fixé des seuils très largement inférieurs, aux alentours de 50 ppm pour les usages industriels.

Marc ROULET

Jusqu'à présent, il a été question de l'exposition des travailleurs au mercure métallique. Mais il faudrait également tenir compte de l'exposition chronique des habitants du village environnant.

Philippe FREYSSINET

On a constaté, sur une des études UNIDO menées au Laos, que dans certains sites dans lesquels les poissons sont relativement peu contaminés, la voie d'exposition principale pour les enfants est l'ingestion de poussières, notamment de poussières domestiques. Dans certains pays, où le brûlage de l'amalgame se fait dans la cuisine, on a mesuré des teneurs, sur la poussière du sol, qui avoisinaient jusqu'à 350 ppm. Les risques potentiellement générés par cette voie de contamination sont-ils bien cernés ? En Tanzanie, le problème est similaire.

Marc ROULET

Des équipes travaillent sur les effets à faible dose du méthylmercure, mais je n'ai pas encore connaissance d'études sur les effets à très faible dose du mercure métallique.

Laurent CHARLET

Je n'ai pas non plus connaissance de telles études. Des collègues du Laboratoire des musées de France, en analysant les peintures de la grotte de Lascaux, ont trouvé des petites billes de mercure. Ils savent qu'un thermomètre avait été cassé au début de l'exploration de Lascaux. Cela vous donne donc une idée de la rémanence du mercure.

Par ailleurs, sur l'exposition des travailleurs, la contamination est parfois causée par l'exposition aux micro-gouttelettes de mercure. On peut espérer diminuer l'exposition si l'on arrive à stabiliser les poussières des terrils, comme cela s'est fait pour les mines d'uranium et d'arsenic. Le mercure, il faut le rappeler, est très peu volatil.

Marc ROULET

Il est certes très peu volatil, mais les températures de la Guyane présentent peut-être un risque...

Christian BEINHOFF

Nous essayons de réduire la consommation de mercure, mais par ailleurs, nous disposons d'un excès de l'offre : ce mercure provient de la fermeture des usines qui l'utilisaient pour la production de chlore. Ce stock est évalué à environ 20 000 tonnes. Si ce mercure arrive sur les marchés en développement, je m'attends pour ma part à une véritable catastrophe ! Nos efforts seront alors vains !

Marc ROULET

Les Espagnols sont, je crois, les principaux producteurs européens de mercure.

Un intervenant

Ce sujet a fait l'objet d'un débat au sein de l'Union au moment de l'élaboration de la stratégie européenne sur le mercure. Les associations de fabricants de chlore utilisant le mercure ont indiqué qu'ils ne s'interdisaient pas de vendre le mercure sur le marché mondial, mais ont précisé qu'ils ne procéderaient pas à une mise sur le marché massive, de façon à ne pas faire chuter le prix du mercure. Les cours de l'or et du mercure, de toute façon, sont relativement corrélés.

Pour le moment, les entreprises sont parvenues à diminuer la production de mercure à base de minerai, pour accroître la part du mercure réutilisé. Mais nous sommes encore aux prémices de cette démarche de substitution.

J'ajoute que l'Europe n'est pas un des principaux consommateurs de mercure. En revanche, elle en achète et en vend. Nous avons donc un rôle majeur à jouer dans ce domaine.

Philippe FREYSSINET

Le principal stock de mercure métal identifié est lié au démantèlement des usines de production de chlore. Le syndicat des chloriers européens a d'ailleurs signé un protocole de démantèlement des usines utilisant des électrodes de mercure, ce procédé ne devant plus être pratiqué d'ici à l'horizon 2010. Cela libérera, effectivement, une quantité considérable de mercure. Les chloriers ont par ailleurs annoncé avoir signé un accord avec la mine d'Almaden concernant le stockage du mercure ainsi libéré. A ce propos, précisons que le mercure n'est pas un déchet.

Gilles BRUCKER

Je vous remercie, Marc, de l'animation de cette séquence. Je voudrais saluer la présence, parmi nous, de Monsieur Marier, le Directeur de l'INRS.

Demis ZMIROU, Directeur scientifique, AFSSE

Je ne voudrais pas anticiper sur les conclusions du Président de la Société Française de Santé Publique, mais je crois que nous avons bien compris le message qui est passé au cours de cette journée concernant la nécessité pour les pouvoirs publics de s'engager dans le financement des actions qui pourront être identifiées. La question de l'amélioration des connaissances et de

l'évaluation des politiques publiques a également été soulevée au cours de cette journée. De tels travaux peuvent être financés, notamment au travers du Programme Environnement-Santé que nous gérons à l'AFSSE. Philippe Quénel a préconisé un rééquilibrage entre le financement des recherches et le financement des actions, et je pense que la conclusion de Monsieur Chambaud insistera sur la nécessité de l'action.

Synthèse de la journée

Laurent CHAMBAUD
Président de la Société Française de Santé Publique

Si j'avais su, je n'aurais pas accepté cette lourde mission, qui consiste à clore un débat qui a été très riche et dont je ne maîtrisais pas l'ensemble des éléments. Je me pose également en candide car je ne connais pas encore la Guyane. En revanche, je me suis davantage reconnu dans l'exemple canadien, puisque j'ai travaillé pendant deux ans au Département de santé communautaire de la Côte Nord.

Cependant, je suis quelque peu confiant dans le propos que je vais tenir, car je crois que des filets de sécurité ont été posés par les deux discussions générales et les différentes études qui ont été présentées. Mon propos se résume à quatre points qui sont, à mon sens, les fils conducteurs de ce débat riche et exhaustif.

- Tout d'abord, l'un d'entre vous, de l'IRD je crois, a indiqué qu'il ne fallait pas attendre pour agir. Je suis très sensible à ce message en ma qualité de président de la Société Française de Santé Publique. Tout en continuant à enrichir la recherche et à documenter les études, il nous faut conduire en parallèle des mesures de santé publique. Les deux chantiers devront clairement être menés de front. La journée d'aujourd'hui, en tout cas, a confronté ces deux orientations.

- En outre, et je l'ai ressenti très fortement, vous avez souligné la nécessité de mettre ensemble des savoirs, qui sont pour l'instant cloisonnés. Il y a certes une demande forte, pour jeter des passerelles entre les différentes études qui ont été réalisées, mais la force de ces cloisonnements est insidieuse ; elle est tant de nature institutionnelle que disciplinaire. Les uns et les autres, vous œuvrez à abattre ces cloisons. Je prendrai deux exemples que j'ai relevés dans la journée. Premièrement, vous avez tous exprimé votre volonté d'inclure les cartographies dans un SIG commun. Dans mon autre fonction, au niveau régional, cette question est également d'actualité. Vous avez, d'ores et déjà, développé les pistes d'une approche intégrée et de mutualisation des données, car vous êtes à la frontière des données sanitaires et environnementales. Deuxièmement, vous avez fait la démonstration du problème de l'aménagement des postes professionnels. C'est un axe de travail majeur, mais il est indéniable que nous devons travailler sur une meilleure connaissance de l'état de santé des travailleurs et de leur environnement immédiat. Là aussi, il nous faut abattre les cloisons naturelles et tendre vers une mise en commun des savoirs.

- Par ailleurs, vous avez mis l'accent sur la nécessité d'opter pour une approche globale et intégrée. Au-delà du vœu pieu, il me semble que vous avez pris conscience de la faiblesse de l'accompagnement de l'approche scientifique (qu'elle soit environnementale ou sanitaire) par une autre approche scientifique, qui est d'ordre sociologique et culturel. Les exemples canadiens et sud-américains nous confortent dans l'idée selon laquelle cette autre approche doit être intégrée, très en amont, à la démarche d'ensemble. Il nous faut réussir à intégrer le regard et l'écoute sociale et culturelle dans un cadre où des études ont été conduites les unes après les autres. Cette démarche résulte à la fois du fait que, dès le départ, les éléments d'écoute des populations ont été explicités et menés à leur terme. Pour un certain nombre de points, ce qui se passe en Guyane est relativement circonscrit au niveau de populations bien ciblées. Cette approche, que l'on résume sous le vocable « approche communautaire » au Québec, a tout à fait droit de cité dans ce qui a été présenté aujourd'hui. Elle permet d'identifier, de façon très distincte, la manière de travailler avec les

populations et d'élaborer les solutions avec eux. Nombre d'entre vous ont indiqué que les Guyanais étaient davantage alertés par le problème de la turbidité que par le problème du mercure : c'est un élément qu'il nous faut intégrer dans notre approche de communication.

La prise en charge de ces aspects par un comité de suivi présidé par le préfet est, en France, une façon de résoudre le problème. Mais je sais d'expérience que ce type de comités se réunit une seule fois et rencontre les plus grandes difficultés à se tenir par ailleurs. Il nous faudra réfléchir aux modalités de mise en œuvre d'une telle démarche, qui doit être compatible avec notre système français.

- Enfin, et ce dernier point est très lié au point précédent, nous sommes tous d'accord pour préconiser une nouvelle orientation, qui consisterait à passer d'une approche spécifique à une approche globale. Pour ma part, je considère que l'on peut avoir des objectifs spécifiques tout en s'inscrivant dans une approche globale. C'est un aspect que vous avez souligné à plusieurs reprises au cours de cette journée. Le problème de la nutrition, qui a été souvent évoqué, notamment par rapport au méthylmercure, nous apprend qu'il ne suffit pas de décréter le changement des habitudes alimentaires pour régler le problème. De fait, régler un problème et le déplacer ailleurs est vain. Seule une approche intégrée et globale, recouvrant les problématiques spécifiques, permet de proposer une action communautaire adaptée se nourrissant d'un travail de proximité.

Un certain nombre d'organismes existent en France, et sans doute en Guyane, qu'il conviendra de mobiliser sur ce type d'actions. A mon sens, des organismes comme les institutions d'éducation pour la santé ont justement vocation à accompagner ce type de démarche. Les schémas régionaux d'éducation pour la santé doivent également être mobilisés.

Le problème du mercure nous renvoie, plus généralement, à la problématique alarmante des inégalités de santé, car, cela a été dit, les populations socio-économiquement défavorisées sont des populations particulièrement exposées. Ces inégalités sont fortes dans notre pays, elles sont sans doute criantes en Guyane. Il nous appartient donc d'intégrer la question du mercure dans une politique plus globale de réduction des inégalités.

Le cloisonnement entre la santé au travail et le reste du système de santé doit également constituer un axe de travail. Là aussi, il nous faudra promouvoir une approche intégrée, qui abatte les cloisons entre le milieu professionnel et l'environnement. Je voudrais juste rappeler que dans le cadre de la déclinaison régionale du Plan National Santé-Environnement, le plan régional doit être co-piloté par trois organismes : la DRIRE, la DRTEFP et la DSDS. J'y vois l'opportunité d'intégrer cette démarche à la réflexion Santé-Environnement.

Il nous faut également agir sur les priorités de santé dans les territoires comme la Guyane. Le mercure est une problématique spécifique, mais elle n'est pas exclusive. Notre approche sur le mercure doit, encore une fois, s'inscrire dans une réflexion sur les priorités de santé publique en Guyane. A nous de voir comment l'articuler aux autres travaux qui sont en cours dans le domaine de la santé publique.

Je pense que vous avez abattu, aujourd'hui, un travail considérable : vous avez su faire la synthèse des travaux, des données, des faits, des hypothèses et des interrogations sur le mercure à ce jour. Vous avez, par vos réflexions, donné des trames de lecture et d'interprétation aux décideurs. Vous leur avez explicité les éléments permettant de préciser les conditions d'un plan d'actions, qui doit comprendre à la fois des éléments de recherche de connaissance et d'actions à conduire. Quant à ces actions, elles prendraient appui à la fois sur le levier de l'action communautaire et l'instrument

de la recherche-action. Enfin, il me semble que vous avez livré l'ensemble des éléments qui permettent d'intégrer cette problématique dans les réflexions sur les priorités de santé. Le Plan régional de santé publique est, me semble-t-il, un support naturel. A travers ces éléments, vous pouvez être confiants sur la capacité à financer les actions que vous aurez identifiées, y compris les actions de prévention.