

Problématique des comptoirs d'or, bijouteries et autres sources de mercure élémentaire : évaluation de l'exposition des travailleurs et proposition de solutions de prévention

Jean-Pierre Pollet, CGSS de Guyane, et Fabien Gérardin, INRS

Jean-Pierre Pollet :

Je ferai une brève intervention pour introduire l'exposé plus technique que fera Fabien Gérardin, et ainsi vous présenter comment la CGSS s'est intéressée au mercure. La Sécurité Sociale est l'Assureur des entreprises pour les risques professionnels auxquels sont exposés leurs salariés dans le cadre de leur activité. Donc nous les assurons contre les accidents du travail et les maladies professionnelles.

C'est sur un signalement, qui nous est venu d'un médecin du travail, de salariés de comptoirs d'or atteints d'affections, de pathologies liées au mercure, que nous avons détecté le risque potentiel. Nous avons essayé de le caractériser avec le concours de notre laboratoire de Chimie de la CRAM (caisse régionale d'assurance maladie) de Normandie. C'est l'ensemble du réseau Prévention - Sécurité Sociale qui a été sollicité sur cette opération, c'est-à-dire les CRAM, les C.G.S.S. et l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS).

Des campagnes de mesures ont été faites dans des comptoirs et ont permis de caractériser le haut niveau de risque lié aux opérations de fusion, d'affinage du mercure, constitué par l'inhalation de vapeurs de mercure par les salariés, et vous verrez les résultats des métrologies qui ont été faites et qui vous seront présentés par Fabien Gérardin.

Dans cette démarche de prévention, tout à fait logique et traditionnelle, après avoir caractérisé les risques, nous avons essayé de trouver des moyens de maîtriser ce risque et c'est là qu'est intervenu l'INRS. Ce sont les résultats de ces travaux et de la piste qui a été ouverte qui vont vous être présentés.

Je vais passer la parole à Fabien Gérardin et après, une fois qu'il aura terminé, je reprendrai la parole pour vous exposer comment nous entendons poursuivre cette action au niveau de la Guyane en tant que Service Prévention de la Sécurité Sociale.

Fabien Gérardin :

Diapositive 1



Diapositive 5

Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure

- Amalgamation : phénomène de dissolution (or soluble dans le mercure)
 - Opération réalisée soit sur la table de travail, soit dans un récipient après la levée
 - jusqu'à 1,3 kg de mercure / kg d'or



Amalgame pressé

Journée scientifique « Mercure en Guyane » - 13 juin 2005

Dans la filière de l'or, on se trouve quasiment à la fin, sachant qu'il faut séparer l'amalgame. Les comptoirs reçoivent donc un amalgame ou une cassave, l'amalgame étant constitué d'or et de mercure en majeure partie, et cela peut aller jusqu'à 50 % de Mercure, 50 % d'or, sans parler de toutes les impuretés telles que les sables.

Quelques rappels des techniques d'extraction et de traitement de l'amalgame :

Diapositive 3

Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure

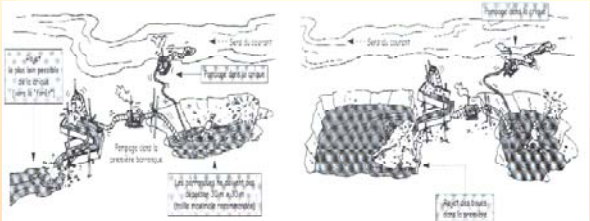
- Rappels des principes d'extraction de l'or alluvionnaire
 - Excavation de la couche superficielle de terre à la pelle mécanique et / ou à la lance « monitor » ⇒ formation d'une barranque
 - Pompage des boues contenues dans la barranque vers une table de séparation (plan incliné tapissé de moquette)
 - Rétention des particules les plus denses (or + sables) par la moquette
 - Après plusieurs jours de travail : amalgamation de l'or par le mercure (Hg) soit directement sur la table, soit après la levée (moquette secouée au-dessus d'un récipient)

Journée scientifique « Mercure en Guyane » - 13 juin 2005

Diapositive 4

Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure

Phase de démarrage Phase d'exploitation



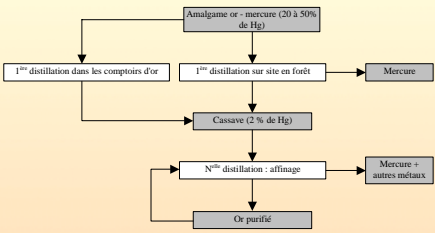
Premières étapes de l'extraction du minerai

Journée scientifique « Mercure en Guyane » - 13 juin 2005

Diapositive 6

Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure

- Distillation : opération destinée à séparer l'or du mercure par chauffage de l'amalgame



Journée scientifique « Mercure en Guyane » - 13 juin 2005

Diapositive 7

Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure

- Technologies employées pour la distillation de l'amalgame et la cassave sur site



Journée scientifique « Mercure en Guyane » - 13 juin 2005

Diapositive 11



Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure

- Mode opératoire
 - Distillation et fusion au chalumeau
 - Réception et pesée de l'amalgame ou de la cassave
 - Chauffage de la matière au chalumeau, fonte avec du borax (10 min)
 - Lingotage, refroidissement du lingot et pesée
 - ⇒ Opération réalisée sous hotte artisanale ventilée mais sans traitement efficace des vapeurs émises
 - Distillation au four à moufle et fusion au four à induction
 - Réception et pesée de l'amalgame ou de la cassave
 - [Introduction de la matière dans le four à moufle \(900°C\) \(45 min\)](#)
 - [fonte de l'or dans le four à induction \(≈1100°C\) \(20 min\)](#)
 - [Lingotage, refroidissement du lingot et pesée](#)
 - ⇒ Opération réalisée dans le four à moufle en dépression sans traitement efficace des vapeurs émises

Journée scientifique « Mercure en Guyane » – 13 juin 2005 11

C'est une opération réalisée en général sous une hotte, pour la plupart du temps réalisée de façon artisanale, de conception assez rudimentaire et sans traitement des vapeurs de mercure.

2. Le second mode recensé dans les comptoirs est l'utilisation d'un four à moufle qui est ni plus ni moins qu'un four qui était destiné au départ à la fabrication de céramiques. Pour préciser un peu les choses, ce four à moufle sert à séparer, en grande partie, le mercure de l'or et ensuite la fonte est réalisée dans un four à induction avec également la récupération de quelques pour-cent de mercure, à peine, lors de cette étape-là.

Diapositive 8



Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure

- Technologies employées pour la distillation de l'amalgame et de la cassave dans les comptoirs d'or à Cayenne



Four à moufle



Distillation et fonte au chalumeau



Four à induction (fonte)

Journée scientifique « Mercure en Guyane » – 13 juin 2005 8

De la même manière que dans le mode opératoire précédent, il y a successivement:

- réception de la matière, donc de l'amalgame ou de la cassave,
- introduction de la matière dans le four à moufle chauffé jusqu'à 900 degrés pendant environ 40 à 45 minutes,
- ensuite la fonte est faite dans le four à induction avec un chauffage à environ 100 degrés pendant une vingtaine de minutes,
- enfin on procède au lingotage et au refroidissement.


L'opération la plus polluante est évidemment réalisée dans le four à moufle où on introduit la quantité de mercure la plus importante au départ et qui peut aller, comme je le disais tout à l'heure, jusqu'à 50 % de la masse réceptionnée, et ce four à moufle est en général mis en dépression. Là aussi le constat est quasiment le même qu'avec le procédé au chalumeau, qu'il n'y a pas de système permettant de traiter les vapeurs de mercure émises dans l'atelier, voire dans l'environnement.

Une distillation est effectuée pour séparer ces deux métaux. Les différentes phases du traitement sont:

- avant la distillation, la réception et la pesée,
 - intervient ensuite le chauffage selon deux principaux procédés :
1. Pour ce qui concerne la première méthode dite « au chalumeau », le chauffage est pratiqué avec un chalumeau propane-oxygène et avec utilisation de borax pour améliorer la récupération des sables notamment, ensuite il y a lingotage, avec refroidissement et ensuite la pesée et le titrage.

(Vidéos non disponibles en version Internet)

Diapositive 9



Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure


- Contexte et chronologie des actions de l'Institution prévention
 - Identification du risque mercuriel chez les opérateurs salariés dans 5 comptoirs d'or de Cayenne par la CGSS en 2000
 - Intervention du LIC de Rouen pour évaluer l'exposition au mercure des travailleurs de ces comptoirs en 2001 et 2002
 - Demande d'assistance de la CGSS de Guyane et du LIC de Rouen à l'INRS afin d'apporter des solutions techniques de réduction du risque chimique dans ce secteur (2002 et 2003)
 - Mise en place et validation d'un dispositif de récupération des vapeurs de mercure (2004)

Journée scientifique « Mercure en Guyane » – 13 juin 2005 9

Je vais maintenant vous présenter la chronologie et les objectifs de notre action qui ont été menés à la suite de la demande la C.G.S.S.

Cette action a consisté, tout d'abord, à évaluer l'exposition des différents salariés que l'on a rencontrés dans les comptoirs d'or à Cayenne, et on le verra à la fin de l'exposé, on a également recueilli quelques valeurs d'exposition de certains salariés évoluant sur les sites miniers.

Diapositive 10



Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure


- Campagnes de mesures de la concentration en vapeurs de mercure dans les 5 comptoirs d'or
 - Méthodologie de prélèvements
 - Prélèvements individuels pendant la distillation et la fonte (10 à 60 min)
 - Prélèvements en poste fixe pendant et hors période de distillation et de fonte dans différentes pièces de l'établissement (30 à 400 min)
 - Métrologie
 - Supports de prélèvement de type charbon actif ou hopcalite (cf. fiche métropol 79 de l'INRS)
 - Analyseurs de vapeurs de mercure à lecture directe (shaw city et Tracker 3000)

Journée scientifique « Mercure en Guyane » – 13 juin 2005 10

Cinq comptoirs d'or ont fait l'objet d'une campagne de mesure pendant plusieurs années : il ne s'agissait pas d'un suivi continu mais de plusieurs interventions successives qui ont consisté à faire des prélèvements individuels de l'air respiré par les salariés, c'est-à-dire des prélèvements qui se situent à hauteur des voies respiratoires sur des supports spécifiques qui permettent de piéger quasi exclusivement le mercure.

Pendant les phases de distillation, des mesures ont été faites sur les personnes, pendant les phases de fonte également, et d'autres types de prélèvement ont été réalisés, ce qu'on appelle des prélèvements à poste fixe, c'est-à-dire des appareils disposés à différents endroits des ateliers, avec également la même métrologie complétée d'analyseurs plus spécifiques qui nous permettent d'avoir une indication de la concentration en vapeurs de mercure rencontrée dans les ateliers, avec une lecture directe. Cela n'a rien de très précis, mais cela donne quand même une bonne idée des sources d'émission des vapeurs de mercure.

Diapositive 12



Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure

- Résultats des campagnes de mesures dans les comptoirs d'or
 - Distillation et fusion au chalumeau

Nature des prélèvements	Mercure atmosphérique en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Comptoir A		Comptoir B	
	2001*	2003**	2001*	2003**
Ambiance atelier hors fusion	-	900	860	-
Ambiance atelier pendant fusion	105 232	> 2000	-	-
Ambiance bureau	50	60	185	-
Individuel opérateur pendant fusion	111 133	-	> 2000	-
VME = 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$				

* mesures effectuées par le LIC de Rouen ** mesures effectuées par le LIC de Rouen et l'INRS

Journée scientifique « Mercure en Guyane » – 13 juin 2005 12

On voit que ces valeurs mesurées pendant la campagne de 2003 sont remarquablement hautes. Certaines dépassent la capacité du matériel d'analyse : en fait, on s'est aperçu qu'au moment de l'analyse on avait une saturation de certains tubes qui pouvaient dépasser, pendant la fusion des valeurs qui pouvaient être supérieures à $2000\mu\text{g}/\text{m}^3$, - la fusion étant le travail de l'amalgame ou de la cassave allant de l'élimination du mercure jusqu'à la fonte – on constate donc un facteur multiplicateur qui est assez important entre ce qu'il est recommandé de ne pas dépasser et les valeurs rencontrées.

Pour la campagne de 2001 on voit des valeurs assez homogènes qui sont toutes supérieures à la valeur moyenne d'exposition, mais qui sont moins importantes parce qu'en fait au cours de nos mesures, effectuées sur une journée ou deux, c'est bien évidemment en fonction de la quantité de matière traitée que le niveau d'exposition s'avère d'autant plus élevé.

D'une année à l'autre, en fonction de la période à laquelle nous sommes intervenus, on avait des valeurs franchement différentes, en tous cas pour ce comptoir-là.

Pour le deuxième comptoir qui a fait l'objet d'une cinquantaine de mesures, on a le même ordre de grandeur d'exposition qui peut aller jusqu'à des valeurs extrêmement importantes de l'ordre de $2000\mu\text{g}/\text{m}^3$. C'est le cas d'une exposition individuelle pour le comptoir B.

Les résultats des campagnes de mesures effectuées sur plusieurs années sont les suivants :

Il faut toujours avoir en tête, ce que l'on appelle, nous les chimistes du travail, la valeur moyenne d'exposition (VME), qui est, dans ce cas de figure, de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air, qui correspond finalement à une valeur à ne pas dépasser pour éviter de mettre en péril sa santé sur le lieu de travail, et cette valeur devrait tendre à baisser avec le temps : plus on est bas au niveau de l'exposition meilleur c'est, bien évidemment, mais c'est une valeur dont tout le monde s'accorde à reconnaître qu'il ne faut pas la dépasser, sur 8 heures de travail, parce qu'au delà on peut effectivement avoir certaines pathologies qui apparaissent.

Diapositive 13



Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure

- Résultats des campagnes de mesures dans les comptoirs d'or
 - Distillation au four à moufle et fusion au four à induction

Nature des prélèvements	Mercure atmosphérique en $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
	Comptoir C		Comptoir D		Comptoir E	
	2001*	2003**	2001*	2003**	2002*	2003**
Ambiance atelier hors fusion	100	800	100	80	10	-
Ambiance atelier pendant fusion	157	> 2000	1500	300	-	-
Ambiance bureau	530	600	58	15	3	-
Individuel opérateur	122 700	-	363	-	222	-
VME = $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$						

* mesures effectuées par le LIC de Rouen

** mesures effectuées par le LIC de Rouen et l'INRS


Journée scientifique « Mercure en Guyane » - 13 juin 2005

13

Le précédent transparent représentait les résultats d'un travail réalisé au chalumeau. On passe maintenant à la deuxième technique pour effectuer la distillation du mercure : l'utilisation du four à moufle.

On constate également que les différents comptoirs, qui ont fait l'objet d'évaluations, indiquent des teneurs assez élevées, et même franchement élevées, par rapport à la valeur de référence qui est de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Là aussi on observe des valeurs qui peuvent être supérieures à nos capacités de mesure pour certains appareils, et des valeurs qui sont assez homogènes entre les différents comptoirs et qui vont d'environ $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et là on est en dessous de la valeur de référence, jusqu'à atteindre 1500 voire 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Diapositive 14



Proposition de solutions de prévention

- Problématique
 - [Vapeurs de mercure émises dans l'atelier et dans l'environnement lors de la distillation](#)
 - Majorité du mercure distillé non captée
 - Teneurs en mercure dans le flux d'air en sortie de four ou de hotte pouvant atteindre 150 mg/m³
 - Nécessité de capter, condenser et piéger les vapeurs de mercure
- Solutions proposées

⇒ Dimensionnement et conception pour les fours à moufle d'un condenseur de vapeurs adapté à l'activité (robuste, démontable, faible coût de réalisation, etc.) + lit de charbon actif

Journée scientifique « Mercure en Guyane » – 13 juin 2005 14

(Vidéo non disponible en version Internet)

Certains de nos collègues ont parlé de la propension du mercure à s'évaporer pour dire simplement les choses, et je vous propose de regarder un petit film qui permet de visualiser, cette propriété, ou du moins d'évaluer la volatilité de ce métal liquide.

Cela permet de se rendre compte, effectivement, que même à température ambiante le mercure, avec une pression de vapeur qui n'est pas très élevée, génère quand même des vapeurs qui peuvent être considérables ; c'est-à-dire que quelques gouttes de mercure au sol dans une pièce peuvent contaminer cette pièce de manière forte et provoquer le dépassement de la valeur d'exposition de 50µg/m³.

On va ainsi se rendre compte que chacun d'entre nous qui possédait son thermomètre à mercure -on en a de moins en moins- s'exposait à l'époque à une exposition qui était loin d'être négligeable. La problématique du mercure dans les hôpitaux est cependant encore loin d'être éliminée.

Comme je le disais tout à l'heure, on a fait simplement une expérience, qui est bien connue pour les chimistes, c'est d'utiliser une lampe, un peu particulière, qui émet un rayonnement UV à 254 nanomètres.

On a donc déposé du mercure dans une petite coupelle en verre. On utilise un écran particulier qui permet de visualiser les vapeurs de manière très simple, et ensuite on attend que cela se passe.

On peut apercevoir derrière cet écran un peu de vapeurs qui sont émises à température ambiante - à la température ambiante de la Guyane cela est considérable, sachant que la pression de vapeurs - pour les chimistes -

augmente, non pas linéairement avec la température mais de manière exponentielle ; c'est-à-dire que si à 30 degrés on quelque chose d'assez rapide, et on se rend compte de ce qu'on peut émettre avec quelques grammes de mercure, à 800 degrés le mercure est vaporisé en quelques dizaines de secondes.

Ce petit film permet de se rendre compte du risque qui est loin d'être négligeable avec ce métal capable de s'évaporer ainsi.

Il faut savoir que la majorité du mercure distillé et non capté, constitue la source essentielle, c'est ce qu'on appelle le « terme source », c'est entre autre sur les outils, et les appareils de distillation qu'il va falloir travailler pour maîtriser la source.


Des teneurs en mercure dans le flux rejeté à l'extérieur, en sortie du four et de la hotte, pouvaient atteindre 150 mg/m³, c'est-à-dire que là on n'est plus du tout dans le même facteur d'échelle : on a un facteur 1000 entre la valeur de référence, du moins l'unité usuelle qui est exprimée en µg/m³ pour tout ce qui est relatif à la Santé, et ces teneurs qui sont de l'ordre du milligramme.

Ces valeurs donnent une petite idée de la quantité de mercure qu'on peut rejeter dans l'environnement, soit l'ambiance de travail, soit dans l'environnement au sens plus large. Il est donc nécessaire de capter ces vapeurs pour espérer réduire le niveau de pollution dans l'environnement.

Il y a des solutions qui sont relativement simples. Ce qui vous est présenté n'est ni plus ni moins qu'une piste de travail utilisant des opérations physiques simples qui permettent de récupérer une bonne partie du mercure avec un principe de condensation et de récupérer ensuite les vapeurs résiduelles sur du charbon actif.

L'idée était de dimensionner un condenseur simple de fonctionnement, robuste, qui permette de récupérer l'ensemble du mercure distillé et de proposer également un lit de charbon actif qui permette de rejeter du mercure à de très, très faibles quantités.

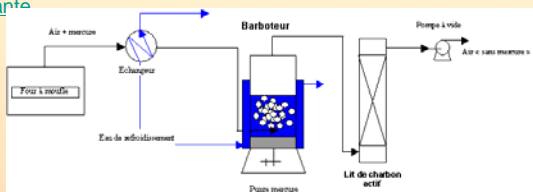
Diapositive 15



Proposition de solutions de prévention

- Contraintes de conception
 - Nécessité d'un grande surface de contact entre les vapeurs de mercure issus du four et une source « froide »
 - Conception simple pour une utilisation sans contrainte et pour une production aisée en Guyane
 - Appareil adapté pour les comptoirs d'or et pour les sites en forêt


⇒ Barbotage des vapeurs dans de l'eau maintenue à température constante



Journée scientifique « Mercure en Guyane » – 13 juin 2005 15

Sans rentrer dans des notions très techniques, voici comment a été conçue ce genre d'installation, qui a été fabriquée à titre de démonstration. L'idée est de faire passer les gaz de distillation dans un barboteur refroidi qui permet de mettre en contact l'air chargé en vapeurs de mercure avec une source froide : il y a ainsi condensation et récupération de ce mercure au fond du barboteur ; ensuite à la sortie de ce barboteur il faut encore purifier l'air, pour permettre un rejet de l'effluent soit dans le laboratoire, soit dans l'air extérieur.


Diapositive 16



Proposition de solutions de prévention

- Caractéristiques du condenseur


- Débit de gaz maximum : $7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$;
- Débit d'eau de refroidissement max. : $8 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$;
- Diamètre intérieur : 0,24 m
- Surface d'échange : $0,25 \text{ m}^2$;
- Hauteur d'eau : 0,35 m ;
- Hauteur totale : 0,89 m ;
- Matériaux : inox 316 L ;



Journée scientifique « Mercure en Guyane » – 13 juin 2005 16

Le condenseur est un appareil qui est rempli d'eau et dans lequel on fait des bulles pour augmenter la surface d'échange. Il mesure environ 90 cm de haut, est tout en inox et il permet de traiter $7 \text{ m}^3/\text{h}$ d'air chargé en mercure en s'assurant d'avoir un débit d'eau de refroidissement d'environ 8 litres/minute.


Diapositive 17



Proposition de solutions de prévention

- Caractéristiques du lit de charbon actif

- Nature du charbon : noix de coco grillée imprégnée au soufre ;
- Taille du charbon : 4 mm ;
- Diamètre du lit : 0,160 m
- Hauteur du lit : 0,3, 0,5 et 0,75 m selon les essais ;
- Temps de séjour : 5,5 , 9 et 13,6s selon les essais




Journée scientifique « Mercure en Guyane » – 13 juin 2005 17

Le charbon actif est placé en aval de cet appareil et permet d'assurer une qualité de l'air acceptable en sortie, et de maîtriser finalement ces rejets dans l'environnement.

Le charbon actif est constitué de noix de coco grillée, imprégnée de soufre. Ce n'est pas un simple charbon actif traditionnel. Ce sont des petits bâtonnets de 4 mm et il est nécessaire d'avoir un lit d'au moins 260 mm de diamètre sur une hauteur d'un peu plus d'1 mètre – et on s'est rendu compte que ce n'était pas toujours suffisant - pour avoir des teneurs rejetées dans l'air acceptables.

Diapositive 18



Proposition de solutions de prévention

- Mise en place du dispositif d'assainissement dans un comptoir d'or (octobre 2004)
 - Mission réalisée en collaboration avec la CGSS de Guyane, le LIC de Rouen et un comptoir d'or
 - Objectif : évaluer les performances de piégeage du dispositif et l'incidence sur l'exposition de l'opérateur
- Protocole
 - Évaluation de la pollution résiduelle dans l'atelier
 - [Nettoyage de l'atelier et décontamination du sol à la fleur de soufre](#)
 - [Évaluation de la pollution après nettoyage et décontamination](#)
 - [Installation du dispositif d'assainissement](#)
 - [Bilans matière et mesures atmosphériques](#)

Journée scientifique « Mercure en Guyane » – 13 juin 2005 18

Au sujet de la mise en place du dispositif, je ne vais pas m'étendre dessus puisque l'essentiel de la mission a été une évaluation de l'incidence de la mise en place de celui-ci.

On a réalisé d'une manière logique, dans le comptoir qui nous a accueilli, l'évaluation de la pollution résiduelle pendant les phases de travail, avant toute intervention.

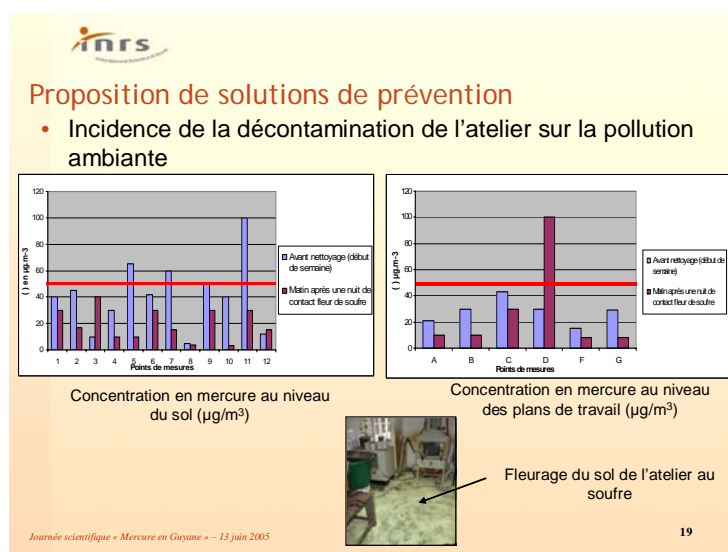
On a ensuite nettoyé l'atelier et décontaminé le sol à la fleur de soufre, parce qu'il faut savoir que si cet appareil apporte une bonne part de la solution dans la maîtrise de la pollution, celle-ci n'est que partielle, et il est incontournable de respecter les bonnes pratiques quant à l'utilisation du mercure, et notamment les règles de décontamination des locaux.

Ce genre de dispositif ne pourra pas en effet améliorer significativement la qualité de l'air dans l'atmosphère des ateliers sans un respect draconien des règles de bonnes pratiques.

Ensuite on a évalué la pollution après nettoyage et décontamination, on a mis en place le dispositif et on a réalisé une évaluation de la pollution dans l'atelier.

(Vidéos non disponibles en version Internet)

Diapositive 19

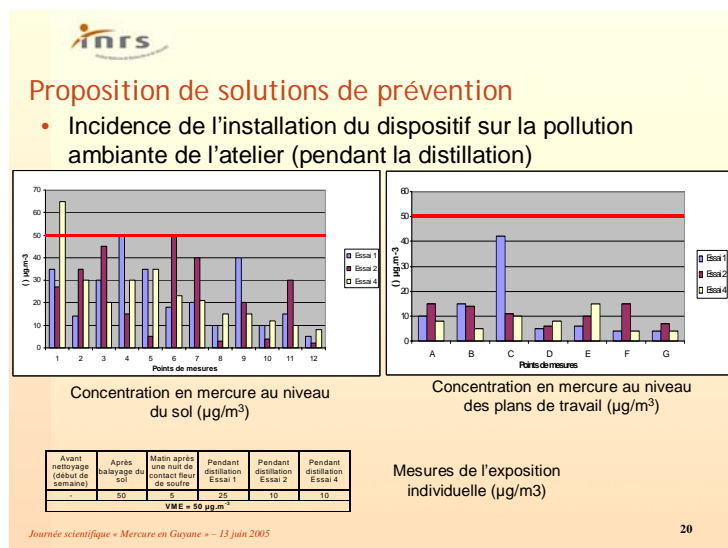


Le premier graphe montre la concentration au niveau du sol en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ avant le nettoyage en début de semaine.

Le bâtonnet bleu montre qu'on avoisine la valeur de référence qui est de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le lendemain matin, après un contact d'environ une nuit à la fleur de soufre - on a en effet affleuré le sol avec du soufre, et on a attendu environ douze heures - on a de nouveau effectué un relevé de mesures au niveau du sol. Pour ce qui concerne le premier graphe on note une réduction qui est assez significative, et que par ce simple moyen on peut réduire déjà, au niveau du sol, la valeur de la concentration atmosphérique en mercure.

Le deuxième graphe montre l'incidence de ce nettoyage des sols au niveau du plan de travail. On constate généralement une baisse du niveau de mercure après cette décontamination, sauf sur un des points de mesure où la valeur est plus élevée après qu'avant cette dépollution des sols, sans doute est-ce dû à une recontamination.


Diapositive 20



Les graphes présentés sur cette diapositive montrent l'incidence de l'installation du dispositif sur la pollution pendant la phase de distillation: le premier graphe indique les valeurs observées au niveau du sol au cours de quatre essais.

Les essais n°1, 2, 4, sont présentés, l'essai n° 3 n'a pas pu être exploité pour différentes raisons. On observe des choses intéressantes : pendant la distillation, c'est-à-dire au moment où l'on émet des quantités assez importantes de mercure, les valeurs restent en dessous de la valeur de référence, donc de la valeur moyenne d'exposition, ces valeurs étant mesurées au niveau du sol, mais au niveau du plan de travail c'est encore plus significatif, avec des valeurs qui sont en moyenne de l'ordre de 15 à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Diapositive 21



Proposition de solutions de prévention

- Efficacité du dispositif d'assainissement
 - Taux de récupération du mercure élevés (la quasi totalité du mercure distillé est recueilli au fond du condenseur)
 - Purge aisée du mercure
 - Flux résiduel de vapeurs de mercure émis en sortie du lit de charbon actif de l'ordre quelques centaines de $\mu\text{g/h}$ avec des teneurs qui peuvent être réduites moins de $100 \mu\text{g/m}^3$ ($50.10^3 \mu\text{g/m}^3$ en 2003)

⇒ Incidence forte du dispositif et de la décontamination sur l'exposition de l'opérateur, de l'ordre de $20 \mu\text{g/m}^3$ lors des essais de distillation ($\approx 360 \mu\text{g/m}^3$ en 2003)


Journée scientifique « Mercure en Guyane » – 13 juin 2005 21

En mettant donc en place différents procédés, que ce soit des techniques ou la mise en oeuvre de bonnes pratiques on arrive quand même à maîtriser la pollution et le risque pour l'opérateur par rapport au mercure.

Ce n'est pas notre métier, mais en ce qui concerne l'environnement on arrive quand même à maîtriser une bonne partie des rejets, avec ce type d'installation on est passé de $50000 \mu\text{g/m}^3$ - pour garder la même unité - à environ $100 \mu\text{g/m}^3$. Tout en étant en phase expérimentale, ce qui n'est pas tout à fait acceptable si on se présente dans le cadre environnemental, on arrive significativement à réduire les émissions dans l'environnement, et si on s'en donne les moyens on peut descendre à des valeurs qui peuvent être encore nettement plus faibles.

Pour rappeler ce que je disais précédemment, à savoir l'incidence du dispositif de traitement sur la décontamination, par rapport à l'exposition d'opérateurs : on a relevé une valeur de $20 \mu\text{g/m}^3$ lors des essais, alors que la campagne 2003 avec des paramètres qui étaient proches, c'est-à-dire des quantités traitées qui devaient être voisines, donnait des valeurs de l'ordre de $360 \mu\text{g/m}^3$.

Diapositive 22



Proposition de solutions de prévention

- Conclusion
 - Activités dans le domaine de l'orpaillage = activités à haut risque chimique pour les travailleurs
 - Possibilité de limiter l'exposition des opérateurs à l'aide de technologies simples et peu coûteuses ($\approx 1000 \text{€}$)
 - Poursuite des études de l'INRS pour proposer aux professionnels un bon compromis pour le choix et la mise en oeuvre du charbon actif (réflexion autour d'un protocole de revalorisation du charbon actif usagé)
 - Poursuite de la démarche d'information et de valorisation avec les différentes institutions locales (CGSS, DSDS, DRIRE, ONF, DRTT, etc.)

Journée scientifique « Mercure en Guyane » – 13 juin 2005 22

Pour conclure : les activités du domaine de l'orpaillage présentent des risques non seulement pour l'environnement, mais aussi pour les opérateurs.

Les niveaux et la voie d'exposition ne sont pas du tout comparables à ce qu'on a pu voir ce matin pour la population générale. On est là à des niveaux d'exposition par inhalation qui sont extrêmement élevés, et ce sont les opérateurs qui sont les premiers concernés par la problématique du mercure : compte tenu de leur activité, du temps de travail, et des niveaux d'exposition rencontrés cela représente des risques qui doivent être maîtrisés pour ces personnes-là.

La possibilité de limiter cette exposition avec des moyens simples et peu coûteux existe, et sachant que l'INRS poursuit encore l'assistance pour la CGSS de Guyane sur le choix du charbon actif, cela permettra d'optimiser les dispositifs, et de discuter avec les exploitants pour voir quelle est la solution la plus adaptée. Mais les solutions ne sont pas uniques, c'est simplement une piste qui montre qu'on peut finalement maîtriser ces risques.

Jean-Pierre Pollet :

Je vais peut-être revenir sur la dernière phase, la partie de la valorisation de l'expérimentation, puisqu'on peut considérer que la phase d'expérimentation a été concluante.

Pour nous, aujourd'hui, le but est d'arriver à élargir cette maîtrise du risque d'exposition aux vapeurs de mercure dans l'ensemble des activités et sur l'ensemble des salariés qui sont concernés.

On se tourne vers les opérateurs miniers, essentiellement. On voit qu'il s'agit d'un dispositif simple, peu coûteux, facilement déplaçable donc relativement facile à mettre en oeuvre même sur des sites miniers en forêt.

Aujourd'hui je lance un appel à l'ensemble de la profession pour que l'on se rencontre et qu'on voie comment on peut développer ce dispositif.

Un premier contact a été pris, une amorce de contact aura lieu jeudi. Apparemment cela n'a pas eu l'impact qu'on espérait mais on va poursuivre et on va essayer de développer la mise en oeuvre afin de préserver la santé de l'ensemble des salariés qui sont exposés à ce risque.

Débat suite à cette intervention :

Sylvie :

Bonjour, je m'appelle Sylvie.

J'aurais voulu savoir qu'est-ce qu'on pouvait faire ensuite de ce charbon actif une fois qu'il est archi-pollué? Parce qu'en admettant qu'ici les ateliers se le procurent, il va sortir plein de mercure et après qu'est-ce qu'on va en faire ?

Fabien Gérardin :

C'est une bonne question. En fait, l'idée ce n'est pas de déplacer la pollution.

Dans ce cas de figure, l'utilisation de charbon actif traditionnel peut être une solution par rapport à la différence avec l'outil de travail traditionnel. C'est du charbon actif qui n'est pas imprégné de soufre. Parce que le soufre a cette propriété de se lier au mercure et de le piéger d'une manière plus forte que le charbon traditionnel sans soufre.

Je dirai que si on utilise ce genre de charbon additionné de soufre, il y a effectivement un problème. Avec du simple charbon on aurait pu imaginer, une fois qu'on avait concentré ce mercure sur le charbon, de le passer dans le four, puisqu'il est concentré en mercure, de redistiller et de recondenser le mercure et ainsi de suite, c'est-à-dire d'avoir deux systèmes qui permettent pour l'un de traiter le charbon pendant que l'autre est en fonctionnement...

Avec le charbon actif qui est imprégné de soufre, ce n'est pas aussi évident parce qu'il y a un risque de formation d'un composé qui n'est pas simple à gérer en termes de risques, et qui est le SO₂ ou dioxyde de soufre.

A ce jour, l'idée était de faire au plus vite, vu le niveau d'exposition des salariés, de faire une évaluation, et de donner des pistes de réflexion pour maîtriser le risque. Dans un premier temps pour faire simple et efficace on a proposé du charbon actif imprégné de soufre qui a une très bonne

capacité de piégeage du mercure. En revanche, on doit encore résoudre le problème du retraitement. Et à ce jour, si on utilise du charbon actif imprégné de soufre, on ne pourra pas forcément le retraiter dans la retorte.

Donc, il devra être stocké. C'est la limite du système, en revanche on continue à l'INRS, notamment, de regarder s'il n'y a pas d'autre charbon actif simple, avec des propriétés un tout petit peu différentes de surface, etc.... et d'affinité avec le mercure par exemple, qui pourrait faire l'affaire, et auquel cas une fois que le charbon est saturé on peut le mettre dans la retorte, le réchauffer et le réutiliser éventuellement ou le stocker s'il n'a plus de bonnes propriétés d'adsorption.

Pour l'instant, on a déjà pris en compte le problème de manière assez rapide puisque notre intervention s'est faite sur quelque 3 années, en sachant que depuis la Métropole, ce n'est pas simple.

Je pense qu'on a eu une certaine réactivité, et qu'on a pu proposer une solution assez rapidement.

La prochaine étape, c'est de proposer quelque chose qui soit un peu plus durable et de se dire que plutôt que de stocker le charbon actif et de le mettre en déchets ultimes, et je ne sais pas précisément dans quelle catégorie on peut le placer, il vaut mieux proposer une solution qui puisse être plus durable et qu'on puisse aussi facilement exploiter sur sites, donc y compris en forêt.

Luc Germain :

Dans votre domaine d'expérimentation, est-ce que vous vous êtes appuyés sur des expérimentations qui ont été faites ailleurs, des expériences d'autres pays sur ce procédé ?

Fabien Gérardin :

Ce sont des principes qui sont extrêmement simples : la condensation, l'adsorption. En fait, on a ni plus ni moins développé des solutions que certains comptoirs ou certains sites utilisaient déjà mais qui étaient mises en pratique un peu de manière empirique, sans faire de mesures, sans dimensionner quoique ce soit, on a juste pris le relais derrière en disant « écoutez, nous, on peut passer un petit peu de temps pour réfléchir à quelque chose d'un peu plus calculé, dimensionné ». Mais ce sont des méthodes qui sont très courantes dans de nombreux secteurs de l'industrie chimique,. Ce sont des opérations très classiques et il n'y a pas de brevet, bien évidemment, ce sont des choses très connues.

Il y a notamment la personne de l'ONUDI¹, monsieur Beinhoff, qui était là en décembre dernier lors de la journée de l'AFSSE concernant la problématique du mercure, et qui avait présenté une démarche proche, à savoir une sorte de distillateur de poche avec un moyen de récupération de vapeurs, appliquant aussi un principe de condensation.

Donc, je crois que tout le monde s'accorde à dire qu'il n'y a pas 36 solutions pour traiter le mercure ; on le condense et on l'adsorbe pour respecter les contraintes locales aussi. On pourrait développer d'autres procédés plus complexes à mettre en oeuvre, mais pour que la technicité ne soit pas un frein à la mise en place de solutions techniques, je pense que ces deux types de matériel, testés par nous-mêmes et par l'ONUDI sont pertinentes.

Luc Germain :

Est-ce que la question de la réglementation de 2006, qui va théoriquement sonner la fin du mercure, n'est pas un frein à ce processus de recherche ?

Fabien Gérardin :

¹ Organisation des nations unies pour le développement industriel

Une autre bonne question.

Il faut savoir que la problématique du mercure va durer encore, à mon avis, tant que les gens exploiteront l'or alluvionnaire en Guyane, sachant qu'il y a des chantiers qui sont ainsi orpaillés une deuxième fois.

Lors d'une repasse, en général, on exploite en effet des chantiers anciens qui ont été largement contaminés avec le mercure et tous les orpailleurs, quand ils repassent ces chantiers, sont confrontés à une présence de mercure à l'état libre en grande quantité et à de l'or qui peut être déjà amalgamé en partie.

Donc, il y a de toutes façons nécessité de retraiter encore ce produit derrière.

Pierre Laporte, BRGM :

Est-ce qu'on a fait une équivalence entre la teneur du mercure dans les cheveux des salariés qui travaillent et leur présence dans une atmosphère chargée de mercure ? Est-ce qu'on a fait ce rapprochement ?

Est-ce qu'on a dit : tel salarié a travaillé tant de temps avec une teneur de mercure dans l'atmosphère de tant, et il a une teneur dans les cheveux de tant.

Fabien Gérardin :

Non nous n'avons pas fait de lien, sachant qu'effectivement, comme me le souffle Jean-Pierre Pollet, on est dans une démarche de prévention. C'est-à-dire que le risque est connu et on était obligé d'agir assez rapidement pour mettre en place une solution.

Après, pour répondre à votre question, cela revient à faire une sorte d'étude épidémiologique à l'échelle des salariés et cela n'a pas été fait. Donc, si on regarde l'exposition et la contamination de la personne, on n'a pas recueilli d'éléments.

Philippe Saviuc :

Pour répondre à la question qui a été posée :

Le cheveu n'est pas le meilleur milieu pour la surveillance du salarié exposé au mercure et au méthylmercure.

Par contre, il y a de nombreux tests, et notamment le dosage de mercure dans les urines qui sont complètement validés puisque le mercure est utilisé pour la surveillance de l'exposition chez les travailleurs exposés.

Fabien Gérardin :

Pour compléter aussi, il faut avoir qu'à titre personnel, après avoir fait quelques campagnes et passé, ces quelques jours, dans certains endroits très fortement pollués en mercure, j'ai eu droit à une prise de sang qui indique des niveaux de mercure qui sont en relation directe avec l'exposition puisque j'ai fait une prise de sang avant de partir, et en rentrant et on a quelque chose d'assez significatif d'une exposition.

Pour le suivi il faut tenir compte de la demi-vie² du mercure dans l'organisme qui n'est finalement pas si longue que cela et qui diminue assez rapidement. Mais je pense qu'il faudrait poser la question aux salariés de ces comptoirs qui, eux, ont un suivi probablement médical de par la Médecine du Travail.

Pierre Rey, de la FEDOMG :

(début de l'intervention inaudible)

(...) Je voulais juste savoir compte tenu d'informations dans cet exposé de Monsieur qui n'est pas faux, effectivement il a raison. Mais ce qu'il faut savoir c'est que ces analyses, ont été faites dans cinq comptoirs. Pour ceux qui ne le savent pas, les comptoirs d'or sont en Guyane l'endroit où se termine l'or. Soit il se termine déjà avec beaucoup plus 52 % de mercure à enlever, mais c'est que ces cinq comptoirs d'or en Guyane - et je le dis à Monsieur Honegger qui est là et qui pourra peut-être confirmer ou infirmer - ils ne représentent pas tous les salariés du domaine, alors que la profession entière en compte plus de mille. Je pense que voilà des expériences qu'il faudrait vraiment faire.

Autre complément d'informations : il faut savoir que l'ONF a fait un travail fantastique sur la cartographie de tous les gisements exploités, et l'orpaillage représente moins de surface déboisée que l'Agriculture. Exactement 5 800 hectares en plus d'un siècle et demi d'exploitation.

Alors ce que je voudrais dire c'est que vous oubliez aussi de parler de la « clandestinière ». La « clandestinière » c'est la plus grosse multinationale d'Amérique du Sud avec plus de 20 000 salariés, les « clandestinières », ce sont des orpailleurs clandestins. Et eux, il faut que je vous explique comment ils font : ils prennent une batée et le mercure amalgamé, ils prennent un chalumeau, ils se mettent un tee-shirt sur le nez et ils brûlent comme cela au chalumeau la batée et le mercure part directement dans l'air.

Alors moi, sans dénigrer le fruit de la recherche de tous ces scientifiques, parce que je leur tire mon chapeau, parce qu'il faut quand même le faire, mais je dis qu'il faut quand même compléter, aller un peu plus loin pour qu'on ait des exemples plus réels ou des faits concrets. C'est les mêmes salariés de l'orpaillage, c'est eux qu'il faut tester aussi pour voir et aussi installer des légaux pour que les légaux empêchent les immigrés de travailler, et aussi de mettre du mercure à tire larigo dans l'atmosphère, c'est juste un complément d'information. Ces comptoirs représentent même pas 15 salariés, alors que la profession entière, toutes entreprises déclarées, représente plus de 1000 personnes salariées à la Sécurité Sociale.

Jean-Pierre Pollet :

Si je peux me permettre : je suis d'accord avec vous sur la formulation du « haut risque » ce n'est pas très scientifique et ce n'est pas très objectif, pas très factuel de caractériser quelque chose par « haut », « bas », « élevé », « important », « faible ».

Pour ce qui est des 1 000 salariés, effectivement, c'est à peu près ce que nous avons relevé dans nos fichiers, tout à fait. Mais je voudrais rappeler qu'il s'agissait bien d'une démarche expérimentale. C'était, il y a un risque caractérisé dont on a pu évaluer la nuisance.

On a essayé de mettre au point un dispositif qui permet de maîtriser ce risque, c'est notre logique de prévention - risque professionnel telle que nous la mettons en oeuvre partout - dès l'instant où on a pris un risque, on essaye de le maîtriser puisque aujourd'hui on n'est pas tenu de recuser. Par contre il faut maîtriser les risques auxquels sont exposés les salariés.

² Demi-vie : temps nécessaire pour réduire de moitié la concentration

C'est cela que j'ai évoqué tout à l'heure en disant que maintenant la balle est dans le camp des orpailleurs, des orpailleurs légaux bien sûr, car moi les clandestins je ne les ai pas dans mes fichiers.

Donc, nous sommes là à votre disposition. C'est cela le message. Venez nous voir et on vous aidera, avec le concours de l'INRS et avec nos moyens, à mettre cela en œuvre sur vos sites. Voilà, comme cela on aura réglé le problème, je pense, ou on aura déjà bien évolué, et cela peut se faire facilement.

Fabien Gérardin :

Je vais compléter ce que vient de dire Jean-Pierre Pollet pour rebondir justement sur votre intervention.

Il faut savoir justement pourquoi on a choisi un comptoir qui était équipé d'un four à moufle ? Parce que dans les plus grandes mines on utilise sur site le même dispositif que celui sur lequel on a mis en place le système décrit précédemment.

L'autre point, relatif aux sites miniers, je ne voulais pas le mettre dans la présentation. On a également réalisé sur cinq sites miniers déclarés - on ne parle pas des clandestins - sachant que nous sommes dans un milieu qui n'est pas confiné contrairement aux comptoirs à des valeurs qui sont quand même loin d'être négligeables, sachant que le local de distillation c'est un carbet avec une simple bâche sur le toit et sur les côtés.

Un carbet, qui est hors activité, une retorte classique avec un petit récipient métallique fermé avec un condenseur au-dessus.

Je vous présente le tableau des résultats :

Diapositive 23

Filière de l'or : exposition professionnelle au mercure

- Résultats de la campagne de mesures sur 5 sites miniers en 2003

Site	Localisation	Mercure atmosphérique en µg/m ³	Commentaires
1	Local distillation	100	Retorte rudimentaire à l'air
	Ambiance extérieure	20 / 70	
	Table de travail (1)	200 / 300	
2	Local table à secousses	négligeable	Pièce ouverte - Pas de mercure utilisé
	Local distillation	négligeable	Four à moufle à l'arrêt depuis 1 à 2 semaines
3	Table de travail	800	
4	Local distillation	négligeable	Retorte neuve
	Table de travail	négligeable	
	Ambiance extérieure	négligeable	
5	Local distillation	70 / 350	Charrier à l'arrêt depuis plusieurs semaines
	Table de travail	50	

VME = 50 µg/m³

Journée scientifique « Mercure en Guyane » - 13 juin 2005

On avait des valeurs qui avoisinaient les 100 µg/m³ donc deux fois la VME. Les ambiances extérieures étaient entre 20 et 70 µg/m³ en fonction des mesures, ce qui est loin d'être négligeable, même pour des exploitants légaux.

Ensuite on a atteint des valeurs qui peuvent être vraiment remarquables quand on se place à proximité de certains endroits, notamment à la table de travail, le plan incliné sur lequel il y a le tapis, jusqu'à 800 µg/m³, ce qui est là aussi considérable.

Tout cela pour dire que le risque mercure ne concerne pas que 15 personnes des comptoirs, certes à une concentration qui peut être plus élevée. En revanche, il y a toute une frange de la population professionnelle sur site qui est elle aussi largement concernée par cette problématique.

José Constable :

J'ai même peur de dire ma profession parce que quand on nomme le nom « orpailleur », on est compté comme les plus grands damnés du siècle.

Ma question est celle-là : Est-ce que vous avez envisagé une politique pour nos voisins, des deux côtés ? Quand on sait que l'air et l'eau n'ont pas de frontière...

Jean-Pierre Pollet :

Moi, je n'ai rien envisagé du tout. Notre préoccupation c'est essentiellement les gens qui sont déclarés.

Pour votre question, là, il faut s'adresser, je pense, aux élus...

José Constable :

La question est posée.

Jean-Pierre Pollet :

Excusez-moi, mais chacun dans l'organisation a son champ de compétences. Nous, nous sommes intervenus dans notre champ de compétences qui celui de la prévention des risques professionnels. Après, les risques qui viennent d'ailleurs, je dirais ne nous appartiennent pas.

José Constable :

Mais est-ce que vous avez pensé quand même à informer les politiques à ce niveau parce que cela ne doit pas s'arrêter qu'en Guyane, quand même.

Luc Germain :

Il vous dit qu'il n'a pas vraiment la compétence pour vous répondre. Par contre, on continue. Vous avez noté ce matin le rapport fait aux élus et à l'Etat, qui a aussi une responsabilité. Je crois que cela viendra logiquement dans les conclusions qui sont à faire.

Je vous propose pour l'instant de passer à l'intervention suivante... Ah, Madame Védrine :

Dr. Froment-Védrine :

Juste un mot. Ces travaux ont été présentés au mois de Décembre 2004 dans la Journée Scientifique, et ils font partie de la synthèse qui a été remise aux ministres, donc ceux-ci sont parfaitement au courant.