

**INTOXICATION DE L'ORGANISME PAR LES METAUX LOURDS ET
AUTRES TOXIQUES**

LE MERCURE, LE PLOMB

ET LE CADMIUM

TROIS METAUX TRACES TOXIQUES

André PICOT

Directeur Honoraire CNRS, Gif/Yvette

LE MERCURE ,LE PLOMB ET LE CADMIUM SONT SOUVENT DENOMMES METAUX LOURDS :POURQUOI ?

La Terre est constituée pour l'essentiel d'éléments chimiques, parmi lesquels les métaux occupent une place tout à fait privilégiée, car utilisés très précocement par l'Homme pour chasser, se battre et ensuite travailler.

Sous leur forme électriquement chargée, dénommées les cations (ions positifs, électroniquement déficients) certains métaux sont indispensables à la vie. Parmi les plus abondants, on trouve le Fer (Fe) et le Zinc (Zn) ; d'autres ne sont essentiels qu'à faible dose, comme le Cuivre (Cu) ou le Cobalt (Co) ce sont des oligoéléments.

Par contre, quelques métaux (toujours sous la forme de cations) sont pour les organismes vivants (Homme, animaux, plantes, microbes..) uniquement toxiques...c'est à dire dangereux pour leur survie.

En plus de leur grande toxicité, certains de ces métaux sont susceptibles dans l'environnement de s'accumuler fortement dans les organismes vivants, et de ce fait, se retrouveront en finale dans la chaîne alimentaire. On parlera alors de bioaccumulation, par exemple dans les aliments que nous pouvons être amenés à consommer .

Parmi ces métaux toxiques et bioaccumulables,..quelques uns présentent une forte attirance pour un élément minéral qui, par ailleurs, n'est pas un métal (car par exemple ne conduisant pas le courant électrique) : c'est le soufre (S) qui sous forme élémentaire (S₈), de sulfure de dihydrogène (H-S-H) les sulfures ou de sulfures composés organiques à fonction thiol : R -S-R (cystéine, glutathion, protéines à fonction thiol. ..) vont former de "complexes lourds " d'où le nom de métaux lourds donné à l'origine par les biologistes à ces trois métaux qui, à l'état de cations précipitent les protéines soufrées.

Le mercure (Hg), le plomb (Pb) et le cadmium (Cd) présentent en commun ces trois propriétés: grande affinité pour le soufre sous forme réduite (c'est à dire non oxydée), bioaccumulation dans l'environnement (dans les plantes, les animaux et l'Homme) et forte toxicité pour les organismes vivants.

Historiquement (au début du XXe siècle) ces 3 métaux ont donc été regroupés sous le terme des métaux lourds... terme qui dans l'esprit de la majorité signifie qu'ils avaient une grande densité. ...ce qui, par ailleurs est exact, mais aussi partagée avec d'autres métaux (or ,platine...)

En fait ce terme très médiatisé n'a pas de signification scientifique précise et ce flou bien entretenu par certains, peut entraîner beaucoup d'ambiguïté .

Dans ce sens, certains n'hésitent pas à classer dans les métaux lourds, l'aluminium (Al) dont

chacun connaît pourtant la légèreté, le titane (Ti) métal aussi très léger et peu toxique et même le sélénium (Se) qui n'est même pas un métal, car classé dans les nonmétaux (appelés autrefois métalloïdes) !

Comme le mercure, le plomb et le cadmium se rencontrent couramment dans l'environnement et dans les organismes vivants en faible concentration, il est préférable de classer ces métaux sous la dénomination d'éléments traces toxiques.

2-PLOMB ET LE CADMIUM ?

Le mercure (Hg) est un métal très particulier car c'est un liquide que l'on peut rencontrer tel quel dans la nature.

Il y a plus de 2000 ans, les Phéniciens et les Grecs venaient chercher à Almaden (entre Tolède et Cordoue) dans le sud de l'Espagne, ce métal qu'ils avaient dénommés le vif argent (hydrargyrum d'où le symbole Hg).

Déjà à cette époque, les Grecs, puis les Romains avaient remarqués les effets néfastes pour la santé de ce métal aux propriétés si remarquables (par exemple possibilité de faire des alliages avec les autres métaux, dénommés les amalgames). Fait unique, la mine d'Almaden est toujours en exploitation, les travailleurs continuant à s'y intoxiquer !

En plus de sa forme élémentaire métallique (sous forme d'atome), le mercure peut se rencontrer sous des formes électriquement chargées (des ions) : ce sont les cations mercureux (Hg^I) comme le calomel et surtout les cations mercuriques (Hg⁺⁺ ou Hg²⁺) qui sont les plus courants.

Ainsi les ions mercuriques (Hg²⁺) peuvent se retrouver dans les minéraux à l'état d'oxyde rouge (O₂Hg) utilisé par le grand chimiste français Lavoisier pour découvrir l'oxygène, mais aussi à l'état de sulfure (SHg) le cinabre, dont les chinois connaissaient l'usage il y a 3000 ans comme pigment pour les poteries (que l'on peut par exemple admirer à Xian, cité ancestrale du nord de la Chine).

Parmi les sels mercuriques hydrosolubles, on a utilisé le nitrate par exemple pour préparer le feutre des chapeaux, qui du reste rendait fou les chapeliers de l'époque, d'où l'expression " fou comme un chapelier " !

Le chlorure mercurique, HgCl₂, dénommé à juste titre " sublimé corrosif " utilisé autrefois dans le traitement de la syphilis, semblait surtout efficace pour abrégé la vie des malades !

Si l'histoire du mercure suit celle de l'Homme dans sa conquête de la Terre, elle s'est sérieusement compliquée durant le dernier siècle avec deux événements aux lourdes conséquences sanitaires et écologiques.

La première, de loin la plus dramatique, eu lieu il y a plus d'une quarantaine d'années sur la

côte ouest du Japon à Minamata. Une usine chimique déversait ses rejets industriels à base de sels mercuriques dans une baie fermée, habitée par des pêcheurs dont la principale nourriture était constituée de poissons qu'ils pêchaient. Or comment pouvaient-ils savoir que les thons qu'ils consommaient étaient le chaînon terminal d'une contamination redoutable ?

En effet, entre les sels mercuriques rejetés inconsciemment par l'usine chimique, et le mercure accumulé dans ces gros poissons carnassiers gras, le facteur d'accumulation était de un à plusieurs millions. Ces thonidés pouvaient concentrer jusqu'à 10 mg de mercure sous forme de cation méthylmercurique ($\text{CH}_3\text{-HgI}$ par kilo de poids frais, ce qui est considérable.

Le Japon a été condamné pour ce drame écologique, mais la leçon ne semble guère avoir été retenue. En effet, actuellement, tout le nord du continent sud-américain dans le bassin de l'Amazonie (Brésil, Bolivie, Guyane...) voit tous ses cours d'eau pollués par du mercure, apporté entre autre par les chercheurs d'or ...et ceci au détriment des populations locales amérindiennes qui sont de ce fait fortement contaminées et en conséquence, en voie de disparition.

La seconde pollution au mercure est beaucoup plus insidieuse et est moins médiatisée...surtout en France. Et pourtant, elle est bien réelle. Ainsi en France jusqu'à une date récente c'était plusieurs tonnes de mercure qui étaient rejetées par les cabinets dentaires. A titre d'exemple en 1998, il était estimé que sur les 15 tonnes de mercure utilisées dans les amalgames, plus de 5 tonnes partaient dans les éviers, sans que personne ne s'en émeuve réellement.

Actuellement, on peut se poser la question de savoir combien de cabinets dentaires appliquent réellement l'arrêté du 30 mars 1998 qui rend obligatoire l'utilisation d'un séparateur d'amalgames pour les effluents liquides. ...

Ce qui en clair, signifie que par pur sens civique, ces habitudes anti-écologiques ne devraient plus avoir cours. Personnellement, en l'absence de données officielles, j'en doute..

Pour rester dans le milieu dentaire, ma réelle inquiétude concerne surtout la santé des travailleurs dans ce domaine. En effet, comment ne pas s'interroger de la lente contamination professionnelle qui touche certainement quelques dentistes et leur " irremplaçable " assistante. Bien entendu, il ne faut pas oublier leurs patients dont certains peuvent être particulièrement sensibles au mercure, et qui dans une grande majorité de cas, ne feront jamais la corrélation entre diverses pathologies atypiques (inflammations variées. dépression nerveuse. ..) et la pose ou pire, la dépose de leurs amalgames dentaires.

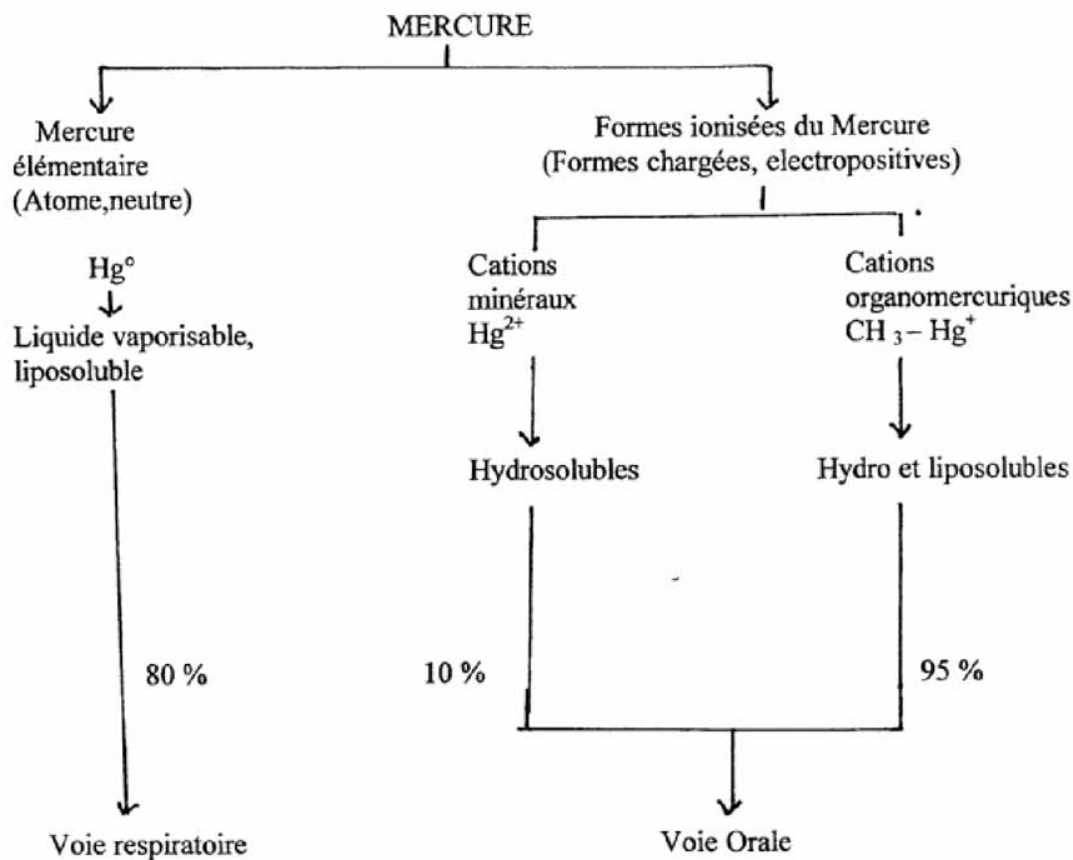
Que penser de ce dilemme sur la réelle toxicité du mercure apporté par les amalgames dentaires ?

Pour éviter toute polémique stérile, il est plus raisonnable de répondre à la question posée: sous quelle forme rencontre t'on le mercure susceptible de pénétrer dans un organisme humain ? En clair, à quoi correspond sa spéciation ? Pour simplifier au maximum, le mercure peut être absorbé

par la voie respiratoire sous forme élémentaire (le mercure métallique trouvé dans les thermomètres), à l'état de vapeurs, et ceci grâce à sa tension de vapeur (0,005 mm de mercure à 37°C) et à sa légère solubilité dans les graisses.

Par la voie orale, le mercure peut pénétrer dans l'organisme sous ses formes ionisées dont on retiendra surtout les sels mercuriques (nitrate, chlorure...) et le cation methylmercurique lequel, constitue l'apport majoritaire du mercure par la nourriture (gros poissons carnassiers gras type thonidés, champignons de Paris).

L'apport des différentes espèces chimiques du mercure peut être résumé sur le schéma I



SCHEMA 1

DIFFERENTES ESPECES DU MERCURE ET LEURS PRINCIPALES VOIES DE PENETRATION DANS L'ORGANISME

En fait les **sources potentielles de contamination par le mercure** sont très diverses.

Sous **forme métallique**, le **mercure** peut être libéré à partir d'**instruments de mesure** (thermomètres, baromètres...) de **tubes à incandescence** (qui contiennent en moyenne 3 à 4 mg de mercure) mais aussi, et cela est bien moins connu, lors de **l'incinération des cadavres dans les crématoriums** et par les **incinérateurs** classiques (taux en augmentation annuelle mondiale de l'ordre de 5 %).

Les apports sous **formes ionisées minérales** sont en général négligeables (vaccins....).

Par contre, l'ingestion d'aliments contaminés (majoritairement par les formes organomercuriques) peuvent entraîner à la longue une surcharge de l'organisme en mercure. Les femmes enceintes ou allaitantes, mais aussi les jeunes enfants, les personnes âgées et les insuffisants rénaux sont les populations les plus sensibles.

Parmi les aliments qui peuvent être potentiellement les plus contaminés, on trouve les gros poissons carnassiers gras (thon, espadon, roussette), les crustacés, les mollusques, les coquillages

Le tableau 1 publié par l'OMS (1991) montre que dans les pays industrialisés, les principales sources d'exposition au mercure sont, chez les porteurs de plombages, les amalgames suivis des aliments en provenance de la mer .

Source d'exposition	Absorption journalière en microgrammes
Amalgames	3 -17
Produits marins	2,34
Autres Aliments (champignons, abats..)	0,25
Eau	0,0035
Air	0,001

T ABLEA U 1

PRINCIPALES SOURCES D'EXPOSmoN AU MERCURE

Le plomb (Pb) et le cadmium (cd) se distinguent du mercure car à l'état élémentaire (Hg), ils se présentent sous forme solide et peuvent pénétrer dans l'organisme à l'état de poussières ou de vapeurs (fumées de soudage, fumées de centrales thenniques...)

Les formes courantes ionisées sont des cations divalentes utilisés à l'état d'oxydes~ de sulfures ou de sels comme pigments dans les peintures, les émaux. ...

Une source importante de contamination par le-plomb a été le plomb tétraéthyle, composé organométallique utilisé comme antidétonant dans l'essence, mais dont l'usage est interdit en France depuis janvier 2000.

Dans la nourriture, l'apport majoritaire du plomb et du cadmium se fait surtout sous forme de cations divalents.

En France, l'apport alimentaire en plomb se répartit entre les boissons (plus de 30 %), les légumes et les fruits (22 %), les céréales (14%) et les autres aliments comme les viandes, les poissons et les produits laitiers (15 %)

Les champignons de Paris (500 mg/kg) et les abats à base de foie et surtout les rognons (0,2mg/kg) peuvent être des sources non négligeables de plomb alimentaire.

L'eau du robinet peut, dans certaines régions, constituer un apport important en plomb, surtout pour les nourrissons.

L'apport total en plomb d'origine alimentaire en France se situe autour de 60 mg par an.

La majorité du cadmium accumulée par l'Homme provient des activités agricoles (apport de certains engrais phosphatés, épandage de boues résiduaires dans les zones maraîchères) mais aussi durant les activités industrielles (métallurgie du ⁷Inc, récupération des accumulateurs Ni/Cd. ..)

L'essentiel du cadmium ingéré provient des végétaux à feuillage vert (salade, choux...) mais aussi des céréales (riz..) et des abats d'animaux (rognons, foie...).

Le tableau 2 compare les principales sources de mercure, plomb et cadmium dans les aliments en France (source DGAL -janvier 2000)

	MERCURE	PLO:MB	CADMIUM
Poissons	35%	4,6%	2,5 %
Boissons	-	33 %	-
~es - fruits	14%	22%	30%
Produits laitiers -oeufs	-	14%	19%
Céréales	-	14 %	16%
Abats	1%	0,7%	6% J

TABLEAU 2

:ERAN .C-

3-QUELS SONT LES EFFETS TOXIQUES DU MERCURE ,DU PLOMB ET DU CADMIUM ?

Les effets néfastes sur la santé du mercure, du plomb et du cadmium s'appuient sur des propriétés communes à ces 3 métaux toxiques.

Parmi ces propriétés communes l'affinité pour I~s constituants biologiques possédant une fonction thiol (R-S-H) en particulier pour les protéines soufrées, est tout à fait primordiale.

Ainsi dans le cas du mercure à l'état de toxiques ultimes réactifs (Hg^{2+} et CH_3-HgI), l'interaction avec diverses enzymes (catalyseurs biologiques) essentielles (superoxyde dismutases. ...) et avec des protéines de structure (la tubuline, constituant majeur du cytosquelette cellulaire, très abondante dans le système nerveux) jouent un rôle très important dans la cytotoxicité de cet élément, surtout au niveau du système nerveux.

De même l'interaction avec des glycoprotéines impliquées dans la surveillance immunitaire, explique les effets immunotoxiques rencontrés avec le mercure et ses composés (glomérulonéphrite)

De même l'interaction avec l' ADN, support du génome intervient dans les effets cancérigènes observés en expérimentation animale avec les formes ionisées du mercure (Hg^{2+} et CH_3-HgI suspectées d'être des cancérigènes rénaux chez le Rat.

Les mêmes interactions s'observent avec le plomb et le cadmium, mais leurs mécanismes sont moins bien étudiés. En particulier le cadmium est classé comme un cancérigène chez l'Homme (groupe 1 du CIRC) entraînant entre autre des cancers bronchiques et éventuellement des cancers de la prostate (néanmoins sans preuve définitive pour cette cible).

Les mécanismes impliqués dans la génotoxicité de ces cations métalliques (Hg^{2+} , Pb^{2+} et Cd^{2+}) s'appuient certainement sur des réactions oxydo-réductrices qui vont libérer des entités oxydantes, lesquelles vont aggraver les constituants cellulaires vitaux (lipides insaturés, protéines, ADN. ..).

3-1SI LE MERCURE ELEMENTAIRE ET LE CATION METHYL MERCURIQUE ONT POUR CIBLES

TOXIQUES LE SYSTEME NERVEUX ET L'EMBRYON >(chez la femme enceinte), LES CATIONS

MERCURIQUES SONT SURTOUT DES TOXIQUES DES REINS

Si toutes les formes du mercure sont dangereuses pour la santé, leur toxicité varie considérablement selon l'espèce chimique en cause et la spéciation prend ici toute son importance daru.; un tel exemple.

Le mercure élémentaire a pour cible principale le cerveau et secondairement les tubules rénaux. Les ions mercuriques attaquent surtout les reins (néphrite) mais aussi le système nerveux et

la peau. Pour les composés organiques méthylmercuriques, la neurotoxicité est prédominante (paresthésie, encéphalite, polynévrite). La néphrotoxicité est, par contre, plus faible. Grâce à leur lipophilie, ils traversent facilement la barrière placentaire et seront au niveau de l'embryon et secondairement du fœtus, des tératogènes redoutables comme l'a bien révélé le drame de Minamata.

Le mercure à faibles doses sous ses différentes formes: vapeurs de mercure métallique (Hg⁰), ions mercuriques (Hg²⁺ ou chlorure de méthylmercure CH₃-Hg-Cl perturbe les systèmes de défense immunitaire. Ainsi, des glomérulonéphrites autoimmunes ont été décrites en milieu professionnel ou domestique (savons mercuriels).

Une activité mutagène faible a été mise en évidence pour les ions mercuriques et, plus récemment, avec le chlorure de méthylmercure qui est classé depuis 1993 par le CIRC comme un cancérigène possible pour l'Homme

L'activité génotoxique (effets clastogènes) de ces composés semble liée d'une part à leur capacité à former des espèces activées du dioxygène (mise en évidence par formation de 8-hydroxydéoxyguanosine à partir de l'ADN) et d'autre part, à leur interaction avec les fonctions thiolates de la tubuline, protéine essentielle des microtubules, constituants du cytosquelette. Là encore, la spéciation sera des plus utiles pour rechercher les espèces réactives au niveau des différentes cibles.

Il est important de signaler que l'OMS estime qu'à partir de 40 microgrammes/m² de mercure dans l'urine, le risque d'intoxication est important et peut entraîner toute une série de symptômes de nature variée :

-Neurologiques: maux de tête, vertiges, troubles de la mémoire, de la vision, de la concentration, dépression, irritabilité, tremblements des extrémités. Chez les enfants nés de mères présentant un taux excessif de mercure, on peut observer un retard mental plus ou moins important :

-Gastro-intestinaux : coliques persistantes, recto-colites hémorragiques.

-Rénaux: glomérulonéphrites, tubulonéphrites. ..

-Dermatologiques: dermites, acné. ...

-Cardiovasculaires : hypertension, anémie. ..

-Endocriniens: atteintes de l'appareil reproducteur, de l'hypophyse, de la thyroïde... -

Immunitaires: infections à répétition (grippe), allergie (gingivites, stomatites, eczémas de contact. ..)

En 1986, des chercheurs suédois ont rapporté que les dentistes et leurs assistantes meurent deux fois plus de tumeurs cérébrales (glioblastomes) que le reste de la population

suédoise. Un travail récent indique que chez 81% des porteurs d'amalgames dentaires, une analyse par imagerie spatiale montre une détérioration cérébrale qui pourrait correspondre à une atteinte du SNC par le mercure inhalé. ..mais malgré les progrès remarquables dans ce domaine (où les chercheurs français sont totalement absents), rien n'est encore définitivement prouvé.

Le plomb est ID1 toxique cumulatif dont l'intoxication à long terme est le saturnisme. Sa manifestation aiguë est la classique colique de plomb, engendrant une crise abdominale très douloureuse (liée à une atteinte rénale aiguë). Le plomb agit préférentiellement sur le système nerveux (central et périphérique), le rein et la moelle osseuse, mais aussi sur les systèmes endocriniens et reproducteurs.

Son action neurotoxique se traduit par une encéphalopathie convulsivante (maux de tête violents, hallucinations, crises convulsives. ..) pouvant aboutir à un coma mortel. En cas d'intoxication sévère, on peut observer des troubles neurocomportementaux et une détérioration intellectuelle.

Le système nerveux des enfants (surtout entre l'âge de un à trois ans) est particulièrement exposé à l'action du plomb (consommation de peintures à base de céruse dans les bâtiments anciens).

La toxicité rénale souvent tardive correspond à une atteinte des tubules et se manifeste par la présence de sang et de protéines dans les urines. On peut aussi observer une atteinte vasculaire caractérisée par une hypertension artérielle.

L'atteinte de la moelle osseuse et du sang entraîne une diminution du nombre de globules rouges d'où une anémie chez l'Homme.

Le plomb est toxique pour le testicule, ce qui conduit à une diminution du taux de spermatozoïdes.

Chez la femme gestante, le plomb traverse facilement la barrière placentaire et va s'accumuler dans les os du fœtus, mais ne semble pas tératogène.

Des études récentes, chez les Rats ont mis en évidence une activité cancérogène du plomb en particulier au niveau des reins. Les données chez l'Homme sont actuellement en cours d'évaluation

3-3 LE CADMIUM SOUS FORME DE cAnoN DIV ALENT EST UN

TOXIQUE RENAL ET EST CANCEROGENE PULMONAIRE CHEZ L'HOMME

Le cadmium à l'état élémentaire (atome) comme le mercure ou le plomb, n'est pas toxique

pour les organismes vivants mais le devient après transformation (chimique ou biochimique) à l'état d'entité ionisée (chargée positivement), le cation divalent.

Le cadmium à l'état de métal (CdO) sous forme divisée (poussières) peut pénétrer dans l'organisme par les voies respiratoires déjà au niveau de la cavité nasale mais surtout dans le tractus pulmonaire (bronches, alvéoles pulmonaires)

Dans l'appareil respiratoire, les particules de cadmium sont capturées par des cellules phagocytaires (macrophages) et oxydées à l'état de cation divalent qui peut ainsi passer dans le sang, se répartir dans l'organisme et entrâner des effets toxiques au niveau de différentes cibles (poumons, reins, os, prostate. ..)

De ce fait le cadmium métallique et ses composés divalents présentent des propriétés toxiques très similaires, en particulier ces deux espèces sont classées cancérrogènes chez l'Homme par le Centre International de recherche sur le cancer (CIRC, Lyon).

L'exposition à long terme à de faibles doses de cadmium provenant de l'alimentation ou en milieu professionnel peut entraîner une atteinte rénale (néphrite) pouvant évoluer vers une insuffisance rénale grave.

Secondairement, on peut observer des troubles cardiovasculaires liés certainement à l'action hypertensive du cadmium. Les cancers observés, surtout en milieu professionnel touchent le tractus respiratoire (poumons, nasopharynx) et éventuellement la prostate.

Etant un cancérogène reconnu chez l'Homme, le cadmium doit être considéré comme le plus préoccupant pour la santé parmi les trois métaux que l'on peut qualifier de “ lourds de conséquence ” pour la santé humaine ou animale mais aussi pour les microbes et les plantes! !

4-LE MERCURE ,LE PLOMB ET LE CADMIUM :UN TRIO DE METAUX

TRACES TRES TOXIQUES ET NEFASTES POUR L'ENVIRONNEMENT

Panni les éléments chimiques minéraux, les métaux occupent une place prépondérante dans le monde moderne car ils interviennent dans la plupart des secteurs d'activité (métallurgie, infrastructures métalliques. ..). Par ailleurs, ils sont, pour beaucoup d'entre eux, indispensables au monde vivant (fer, zinc etc...) parfois en très faible quantité (oligoéléments essentiels). Certains de ces oligoéléments (chrome, nicke4cobalt, manganèse. ..) indispensables à petite dose, devienne;nt toxiques à forte concentration.

Ces propriétés néfastes se retrouvent aussi chez certains autres éléments comme le thallium, l'argent, l'or, le bismuth etc. tous reconnus toxiques mais qui ne doivent pas être classés parmi les « métaux lourds » teffile uniquement réservé, et ceci par pure habitude médiatique, au mercure, au plomb et au cadmium ce qui semble scientifiquement illogique.

Tous ces éléments néfastes pour la « santé }} des êtres vivants et pour l'environnement doivent maintenant être dénommés des éléments traces toxiques. ce qui signifie qu'il s'agit d'éléments minéraux présents en très faible quantité dans les organismes vivants et surtout qui sont uniquement toxiques.

Enfin, il y a des métaux comme le mercure, le plomb et le cadmium qui sont uniquement toxiques pour les organismes vivants. Historiquement, ces trois éléments toxiques ont été rassemblés sous le nom de « métaux lourds }} car ils possèdent des propriétés communes: grande affinité pour le soufre, forte bioaccumulation dans les chaînes alimentaires et importante toxicité pour de nombreux êtres vivants (microbes, plantes, animaux, Homme).

OU TROUVER L'INFORMATION SUR L'IMPACT DU MERCURE, DU PLOMB, DU CADMIUM, SUR LA SANTE ET L'ENVIRONNEMENT ?

DOCUMENTS GENERAUX :

- M. L. Bourguerra (1997)
La Pollution Invisible, PUF, Paris
- A. Aschieri (1999)
La France Toxique, La Découverte, Paris
- N. Mamerre et J. F. Narbonne (2001)
Toxiques Affaires, Ramsay, Paris

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT :

- Académie des Sciences (1998)
Contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leur gestion
Rapport n°42, Tec. Doc Lavoisier, Paris.

- INSERM (1999)
Plomb dans l'environnement. Quels risques pour la Santé ?
Expertise Collectives, INSERM, Paris.
- F. Ramade (2000)
Dictionnaire encyclopédique des Pollutions, les polluants : de l'Environnement à l'homme.
Ediscience International, Paris

IMPACT SUR LA SANTE :

- Conseil Supérieur d'Hygiène publique de France (1996)
Plomb, Cadmium et Mercure dans l'Alimentation
Evaluation et gestion du risque
Ministère du Travail et des Affaires Sociales, DGS, Paris
- A. PICOT et N. PROUST (1998)
Le mercure et ses composés
L'Actualité chimique, p 16-24.
- C. Klaassen (2001)
Casarett and Doull's Toxicology
The basic Science of Poisons 6è Edition, Mc Graw Hill, New York
- M. Berlin (2003)
Mercury in dental filling materials : an updated risk analysis in environmental medical terms.
The Dental Material Commission, Stockholm, Suède (site ;www.dentalmaterial.gov.se)
- R. Lauwerys (2003)
Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles, 5è Edition, Masson, Paris

Professeur André PICOT

Ingénieur chimiste (spécialiste en toxicochimie), Docteur s' Sciences, Directeur de recherche, CNRS, Expert auprès de l'Union européenne pour les Produits chimiques en milieu de Travail (DGV, Luxembourg), Président de l' Association Toxicologie -CNAM (paris) : <http://atctoxicologie.ifrance.com>