

# LE THORIUM EN MILIEU PROFESSIONNEL

Revue bibliographique actualisée ( Mai 2000 )

Dr CLAVERIE Michel – interne Médecine du Travail

Le thorium 232 a fait l'objet de peu d'études en FRANCE, du fait d'une utilisation industrielle réduite. Cependant il ne peut plus être ignoré car étant à l'origine d'inquiétudes autant professionnelles qu'écologiques.

Initialement, ce fût J.J BERZELIUS qui en 1829 l'identifia dans un minerai provenant de l'île de LÖVÖ (Norvège). Ce minerai fût baptisé thorite. De 1928 à 1955, le dioxyde de thorium fût utilisé en radiologie comme produit de contraste, le Thorotrast. Son injection à un nombre de patients compris entre 2,5 et 10 millions serait responsable de l'apparition de tumeurs malignes du foie.

Cette revue bibliographique fait le point sur les risques liés à l'exposition au thorium dans de nombreuses situations de travail, et en particulier lors de la soudure T.I.G (tungstène inert gaz). Elle permet d'envisager une surveillance réaliste des travailleurs exposés.

## CARACTERISTIQUES DU THORIUM (1,8)

Le thorium est un métal gris de numéro atomique 90, stable à l'air, mou et très ductile. Il est extrait de nombreux minerais : la thorite, la thorianite, la pilbarite, la chéralite, la monazite etc...

Le thorium présente un intérêt important du fait de ses nombreuses qualités. La Thorine possède des propriétés céramiques remarquables (densité égale à 10, point de fusion à 3 300 C°). Le thorium peut être associé au magnésium dans la composition de certains alliages, leur conférant une solidité et une résistance exceptionnelle aux fortes températures, d'où un débouché dans l'industrie aérospatiale civile et militaire.

Le Th 232 est le chef de file d'une des grandes familles de radio-isotopes naturels et sa période radioactive est de  $1,4.10^{10}$  ans. Sa filiation comprend 11 éléments. Avec en moyenne 12 ppm soit 12 gr/tonne, il est quatre fois plus abondant que l'uranium dans la croûte terrestre, mais moitié moins abondant que le plomb.

Le thorium manipulé dans l'industrie ne peut être considéré comme "naturel". Ce thorium est en effet broyé, concassé, traité chimiquement et enfin concentré. Il ne s'agit pas d'un produit naturel car il a été démontré (6) qu'il n'y a pas d'équilibre entre le Th 232 et le Th 228. De plus on y trouve des quantités non négligeables de Th 230 n'appartenant pas à la filiation du Th 232.

## **METABOLISME ET TOXICITE**

### **a) mode d'absorption.**

Bien que le thorium terrestre soit relativement abondant, sa concentration dans la biosphère est très faible et sa contribution à l'exposition naturelle de l'homme est considérée comme négligeable.

L'absorption se fait essentiellement par inhalation si l'empoussièrage au niveau du sol est suffisant, ou par ingestion. Une partie est éliminée par les selles et les urines. Le reste sera fixé dans l'organisme en fonction de la forme chimique absorbée. On estime que les tissus les plus concernés par cette fixation sont les os (de l'ordre de 85 %) et les poumons mais aussi le rein et le foie.

### **b) Toxicité.<sup>(1)</sup>**

Il présente une double toxicité: chimique et radiologique.

Du point de vue chimique, il s'agit d'un métal lourd et sa toxicité est comparable à celle de l'uranium. C'est l'ingestion de composés hydrosolubles qui est à l'origine de sa néphrotoxicité.

Du point de vue radiologique, sa toxicité est supérieure à celle de l'uranium. Le thorium 232 est classé dans le groupe 2 (forte radio toxicité) de la classification radio toxicologique des radio nucléides; le thorium 228 est classé dans le groupe 1 (très forte radio toxicité). On estime que 12 gr / tonne de Th 232 correspond à une activité de 49 Bq/kg.

Par ailleurs, comme cela fût démontré à partir des électrodes au tungstène thorié, on ne doit pas perdre de vue que ce thorium est accompagné non seulement par plusieurs descendants émetteurs alpha, mais aussi par des émetteurs bêta et gamma.

### **c) Cancérogène.**

Plusieurs études <sup>(6)</sup> montrent le caractère cancérogène du thorium lors d'exposition professionnelle.

-- Pollednak, à travers l'étude de 3039 ouvriers dans une usine de thorium de l'Illinois entre 1940 et 1973, met en évidence une incidence importante des cancers de tout type (SMR=1,75), et une augmentation significative des cancers du pancréas (SMR=4,13).

-- Zhiyuan, analysant une cohorte de 3796 ouvriers dans une usine de production de thorium, confirme une augmentation de la mortalité par cancer, et en particulier par cancer du pancréas.

### **d) Génotoxicité:<sup>(6)</sup>**

Dans la littérature, de nombreuses études argumentent en faveur de la production d'anomalies génétiques chez les travailleurs de la filière "thorium", de même que dans la population ayant subi des explorations vasculaires avec injection de thorotrast.

Hoegeman montre une augmentation du taux d'aberrations chromosomiques dans une enquête sur 47 ouvriers américains de cette filière. Mais il n'établit pas de lien entre le taux d'aberrations et la durée du travail. De même au Brésil, des études cytogénétiques portant sur 146 employés dans une usine exploitant la monazite, ont montré qu'il n'y avait pas de corrélations entre la fréquence des aberrations chromosomiques et le temps d'exposition au risque.

## LE CAS DU THOROTRAST

### a) Historique.

Le dioxyde de thorium en solution colloïdale renfermant 20 à 25 % de thorium métallique avec des grains de 16 millimicrons en moyenne a été largement utilisé en Europe, en Asie, et aux Etats Unis, en raison de son opacité aux rayons X, ce qui permettait d'obtenir d'excellentes images. Le thorotrast est le produit commercial le plus connu mais il existe bien d'autres préparations telles que le Thoriofanina en Italie ou l'Umbrathor en Allemagne.

### b) Pathogénie.(1)

Les premières manifestations induites par ce produit de contraste furent, dans un délai de quelques années après l'administration par voie artérielle, veineuse ou endocavitaire, l'apparition de "thorotrastomes". Il s'agit de tumeurs granulomateuses survenant au point d'injection, donnant lieu parfois à une dégénérescence maligne.

Plusieurs dizaines d'années se sont écoulées avant de voir apparaître des cancers touchant surtout le foie et le rein. Le thorotrast se fixe au niveau organique par l'intermédiaire du système réticulo-endothélial. Il induit un cancer primitif hépatique à type d'hémangio-endothéliome. Ce sont des sarcomes vasculaires constitués de cellules montrant des propriétés phagocytaires à l'égard, par exemple, d'hématies ou d'éléments nécrosés.

Le tableau clinique de ce cancer est caractérisé par un début soudain, et une évolutivité rapide (quelques semaines à quelques mois) vers une insuffisance hépatique fatale. Ces tumeurs restent exceptionnelles.

Outre ces angiosarcomes, on retrouve dans la littérature des cholangiocarcinomes (14), dus à une prolifération cellulaire de type biliaire, et des hépatocarcinomes développés à partir de cellules hépatiques.

### c) Mécanisme toxique.

Les pathologies néoplasiques induites par le thorotrast s'expliquent par l'accumulation de grains colloïdaux de thorium métallique dans les organes concernés, qui agressent ces derniers en les soumettant pendant de nombreuses années à une forte irradiation alpha.

### d) Littérature récente.

De nombreux auteurs se penchent actuellement sur les effets tardifs du thorotrast.

-- En 1997, Srinivasan (12) publie deux cas d'angiosarcome hépatique après administration de thorotrast. Le premier a vu l'apparition d'un angiosarcome hépatique métastasié après une latence de 43 ans après l'injection. Le second a présenté un granulome hépatique 22 ans après l'exposition, puis un angiosarcome au bout de la 28<sup>ème</sup> année. L'auteur concluait sur l'exposition à une irradiation alpha chronique comme origine aux complications du thorotrast.

-- En 1997 aussi, Winberg (14) décrit le cas d'une femme de 49 ans, ayant développé simultanément, 22 ans après une exposition au thorotrast, un cholangiocarcinome et un angiosarcome du foie.

-- En 1999, Martling (11) s'intéresse à la mortalité à long terme chez des patients exposés 40 ans auparavant au thorotrast. Il note une augmentation de la mortalité dans la population étudiée, que ce soit chez l'homme ou la femme. Au premier plan apparaissent les

décès dus à des affections hématologiques, des affections vasculaires cérébrales et des cancers. Il conclut à un effet cumulatif de l'irradiation dans le temps, exposant davantage aux risques des affections et cancers relevés.

-- Enfin Van Kaick (13), en 1999, au cours d'une étude en Allemagne sur la relation entre l'exposition au thorotrast et l'induction de cancer du foie, conclut à une corrélation entre la dose accumulée et l'incidence du cancer du foie.

## INVENTAIRE DES RISQUES PROFESSIONNELS

Les utilisations du thorium ont fait l'objet d'une classification par Laroche (8), en tenant compte des données de la littérature sur la description des postes de travail :

Utilisations industrielles dont le risque peut être défini	Utilisations industrielles dont le risque est mal défini	Risque potentiel
<p><b>1- Risque d'exposition interne</b>            - Electrodes en tungstène thorié.            - Manchons pour becs de gaz à incandescence.</p> <p><b>2- Risque d'exposition externe</b>            - Lentilles optiques.            - Impuretés dans les verres optiques.            - Lentilles d'appareil photo ou vidéo            - Démarreur de lampes à fluorescence.</p> <p><b>3 – Risque d'exposition mixte</b>            - Alliages magnésium-thorium.            - Mines et usines de terres rares.            - Expositions dues aux centrales thermiques fonctionnant au charbon.            - Expositions dues aux utilisations industrielles de produits phosphatés.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Applications nucléaires du Th 232.</li> <li>- Produits contenant du zirconium.</li> <li>- Les couvertes : émail dont est revêtue la façade, la porcelaine.</li> <li>- Les verreries, l'émail sur verre dans la fabrication de creusets destinés à la coulée de métaux à haut point de fusion, et comme constituant des résistances de four à haute température.</li> <li>- Dans l'industrie chimique, en tant que catalyseur, cracking des pétroles, production d'acides nitriques et sulfuriques...</li> <li>- Le corindon.</li> <li>- Certains traceurs utilisés en agriculture.</li> <li>- Certaines peintures anciennes contenant du radium et du thorium.</li> <li>- Déchets induits par la fabrication de pierres à briquet.</li> <li>- Cathode des tubes de magnétron dans les fours à micro-ondes.</li> <li>- Cellules photoélectriques, lampes solaires, démarreurs de certains tubes à rayons X.</li> <li>- Certains radars et traceurs de munitions.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prothèses dentaires. La concentration en thorium a été calculée autour de 1,7 ppm.</li> <li>- Dosimètre individuel neutrons (l'activité de ce dosimètre est de 370 Bq pour le Th 232 et 9 Bq pour l'U 235).</li> <li>- Détecteur Geiger Muller (37 Bq de Th 232).</li> <li>- Certaines laines de verre.</li> </ul>

## THORIUM ET SOUDURE T.I.G

### 1) Circonstances de l'exposition.

Les électrodes au tungstène thorié sont utilisées couramment dans la soudure à l'arc à cause de la facilité d'amorçage et de la faible contamination en métal de la soudure.

L'adjonction de thorium au tungstène augmente la durée de vie et améliore la précision de l'arc électrique, permettant de réaliser des soudures de grande qualité. Ces baguettes contiennent de 1 à 4 % d'oxyde de thorium. Elles sont surtout utilisées dans le soudage TIG pour le travail de l'aluminium et des aciers inoxydables.

Ces électrodes réfractaires sont non fusibles et par conséquent non consommables. Un affûtage s'impose régulièrement, d'une part car elles s'émoussent par le bombardement électronique de l'arc, d'autre part du fait de présence de métal sur la baguette par mauvaise manipulation (plantage). L'exposition a lieu essentiellement lors de l'affûtage et du polissage de l'électrode ainsi qu'au cours des manœuvres de soudage, au cours desquelles le travailleur sera exposé au thoron (gaz contenant du radon 220 appartenant à la filiation du thorium), ainsi qu'aux divers produits de la filiation.

## **2) Revue de la littérature à propos de la soudure TIG.**

Lorsqu' un travailleur manipule dans son travail un produit contenant du thorium, il est exposé à des risques multiples, décrits dans un certain nombre de publications récentes.

Laroche (7) en 1998 , lors d'une étude sur ces électrodes au tungstène thorié, grâce à une dosimétrie par thermoluminescence, a pu confirmer que le risque d'exposition externe est très faible. Par contre, il estime qu'il est impossible d'être aussi affirmatif pour l'exposition interne.

Ce risque a fait l'objet de nombreuses études. Pour Crim (2), les mesures effectuées lors du polissage et de la soudure sont en dessous des limites de concentration dans l'air (1995). Dans une étude de 1997, les chercheurs de l'INRS (3) estiment que l'épointage des électrodes en tungstène thorié peut être considéré comme une opération sans risque radiotoxicologique particulier. De plus, ils mettent en évidence que l'usage intensif d'électrodes sur une machine non adaptée, sans ventilation à la source, dans un local confiné, chez un opérateur travaillant à mi-temps, soit 1000 heures par an, occasionne chez ce dernier l'incorporation maximale de 1 à 2 % de la limite annuelle d'incorporation.

En 1993, McElearney (10) compare des populations de soudeurs TIG et non-TIG. Il ne constate pas de variations de la morbidité entre les deux groupes. Et pour lui, les niveaux d'exposition interne sont inférieurs aux doses annuelles tolérées.

Dans des publications plus récentes, on note des données moins optimistes. Par exemple, Ludwig (9) en 1999 étudie l'activité radioactive aéroportée à proximité de postes de travail où sont réalisés l'affûtage des électrodes et la soudure TIG. Il utilise des filtres aériens individuels ainsi que des filtres fixes. Dans 6 cas sur 26, il estime que les valeurs limites annuelles allemandes sont dépassées et que du fait que les soudeurs ont généralement une carrière longue, les risques sont considérables.

Laroche encore, en 1998, en étudiant la contamination de l'environnement par des particules de thorium remises en suspension lors des opérations d'affûtage, met en évidence une forte activité des descendants du Th 232, sur l'ensemble des filtres d'aspiration disposés autour du poste de travail, ainsi que sur les frottis réalisés au niveau du sol de la meule. D'autre part, comme cela fût aussi démontré pour d'autres toxiques, le niveau d'exposition varie selon de nombreux paramètres: dextérité individuelle, habitudes de travail, ancienneté (par exemple les anciens ont moins besoin d'affûter les électrodes)...

Pour lui, même si l'exposition reste faible, il est indéniable qu'il existe une contamination radioactive aérienne, et donc qu'il faut la prendre en compte, dans une démarche préventive adaptée .

Cet auteur rappelle qu' un risque d'exposition interne par passage percutané a déjà été démontré, par réalisation de frottis. Le thorium sous forme de chlorure franchit la barrière cutanée, et se retrouve dans les annexes pilo-sébacées ou au niveau des zones périfolliculaires.

## **METROLOGIE DU THORIUM ET SURVEILLANCE**

Les isotopes du Thorium sont émetteurs alpha, bêta et gamma. La surveillance biométriologique repose sur ces propriétés :

- **méthodes analytiques sur échantillons biologiques** : l'analyse des échantillons biologiques ( urines, fèces) s'effectue par spectrométrie alpha de haute résolution, précédée d'une séparation radio chimique, permettant la quantification des émetteurs alpha du thorium.
- **examens anthroporadiométriques** Ces techniques sont utilisées pour la détection du Th 228 et Th 232, à cause de leur très faible intensité de transitions gamma.
- autre technique : **la mesure du Thoron** (Rn 220) dans l'air expiré peut être utile pour la surveillance, permettant d'évaluer l'incorporation de composés thoriés.

L'exposition naturelle du public reste négligeable. L'absorption quotidienne par inhalation pour un adulte a été estimée à 0,03 mBq en admettant un empoussiérage au niveau du sol de l'ordre de 50 µg .m-3. Par ingestion, elle est de l'ordre de 4 mBq.

La surveillance de l'exposition externe peut être réalisée par l'intermédiaire de dosimètres photographiques, ne prenant en compte que le rayonnement gamma. Pour connaître la dose totale gamma et bêta, on doit préconiser le port par le travailleur exposé d'un dosimètre thermoluminescent. Parallèlement, il est nécessaire d'effectuer des mesures d'air ambiant par des appareils de prélèvement atmosphérique.

En ce qui concerne l'exposition chronique, la surveillance des travailleurs se fera sur la radio toxicologie des fèces et des urines, à la recherche d'une contamination interne. Lors d'une exposition aiguë, un examen anthroporadiométrique leur sera associé.

Le GUEN et LAROCHE (8) résumant ce protocole de surveillance à travers une fiche réflexe (cf article en référence), rappelant quelques données radiologiques et proposant des examens complémentaires afin d'assurer la surveillance de l'exposition.

## **PREVENTION**

La bonne connaissance actuelle des caractéristiques physico-chimiques et radiologiques du thorium aboutit à la nécessaire prise en compte de cette exposition. Plusieurs éléments poussent à exercer une vigilance accrue vis-à-vis de ce radio nucléide :

- ⇒ Les publications confirment qu'il est considéré comme une des causes toxiques principales du cancer primitif du foie.

⇒ Le thorium est responsable d'une véritable hécatombe à travers l'expérience du Thorotrast.

⇒ Les études en « situation », par exemple au cours du meulage des électrodes et de la soudure T.I.G confirment l'existence du risque de contamination interne, préconisant alors (3, 4):

- l'usage d'une machine à meuler appropriée, notamment équipée d'une aspiration au plus près de la source de pollution.
- l'affûtage des électrodes dans une zone propre spécialement affectée, soumise à un nettoyage après chaque intervention.
- le port d'équipements de protection individuels en cas de meulage intensif (gants, masque voire combinaison).
- la réalisation des opérations de soudage en cabine ventilée, ou à défaut avec port d'un casque à écran électro optique à adduction d'air en surpression.
- la mise en place d'un suivi radio toxicologique utilisant préférentiellement l'analyse des selles ou des urines (6).

Dans ce domaine comme dans beaucoup d'autres, il semble difficile de mesurer l'incidence sanitaire de l'utilisation et de l'exposition au thorium, du fait d'une présence aussi fréquente qu'insoupçonnée en dehors du milieu professionnel.

Enfin, se posera dans l'avenir le problème de la traçabilité, du traitement voire du recyclage des déchets industriels contenant du thorium. Que ce soit du point de vue de la santé publique ou sous le feu de l'opinion, il apparaît inconcevable aujourd'hui que l'on puisse abandonner sans risque des pièces usagées constituées d'alliages thoriés dans des décharges non habilitées à recevoir ce genre de déchets.

#### BIBLIOGRAPHIE

**1** - Circulaire DGS n° 94-443 du 30/09/94 relative aux risques liés à l'utilisation du thorium.  
**2** - CRIM EM, BRADLEY TD, Measurements of air concentrations of thorium during grinding and welding operations using thoriated tungsten electrodes. Health Phys. 1995 May;68(5):719-22  
**3** - HEE G. Risques liés à l'usage des électrodes en tungstène thorié pour le soudage TIG. Etude INRS, PER, n° C.4/1.005 du 01/01/97  
**4** - INRS - Travail et sécurité Février 2000 Thorium : la CRAM Aquitaine mène l'enquête..  
**5** - JANKOVIC JT, UNDERWOOD WS, GOOGWIN GM, Exposures from thorium contained in thoriated tungsten welding electrodes. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1999 May-JUN;60(3):384-9  
**6** - LAROCHE P, CAZOULAT A, Le thorium 232, cet élément oublié de la radioprotection. Arch. Mal. Prof. 1998;59,n°7,469-479  
**7** - LAROCHE P, CAZOULAT A, Thorium: analysis and dosimetry of thorium welding electrodes. Ann. Pharm. Fr. 1998;56(3):123-33  
**8** - LEGUEN B, BERARD P, LAROCHE P, Thorium EMC, Toxicologie - Patho. Prof , 16-010-A-10, 2000

**9**- LUDWIG T, Intakes of thorium while using thoriated tungsten electrodes for TIG welding. Health Phys. 1999 Oct;77(4): 462-9  
**10**- McELEARNEY N, IRVINE D, A study of thorium exposure during tungsten inert gas welding in an airline engineering population. J. Occup. Med 1993 Jul;35(7):707-11  
**11**- MARTLING U, MATSSON A, Mortality after long-term exposure to radioactive Thorotrast: a forty-year follow-up survey in Sweden. Radiat. Res 1999 Mar;151(3);293-9  
**12**- SRINIVASAN R, Thorotrast and the liver revisited. J. Toxicol. Clin. Tox. 1997;35(2);199-202  
**13**- Van KAICK G, BAHNER ML, Thorotrast-induced liver cancer: results of the German thorotrast study. Radiologe 1999;39(8);643-51  
**14**- WINBERG CD, RANCHOD M, Thorotrast induced hepatic cholangiocarcinoma and angiosarcoma. Hum. Pathol. 1979 Jan;10(1);108-12.

