

Mercure et composés minéraux

Fiche toxicologique n°55

Généralités

Edition _____ 2014

Formule :

Hg

Substance(s)

Nom	Détails
Mercure	Numéro CAS 7439-97-6
	Numéro CE 231-106-7
	Numéro index 080-001-00-0
	Synonymes -
Difulminate de mercure	Numéro CAS 628-86-4
	Numéro CE 211-057-8
	Numéro index 080-005-00-2
	Synonymes Fulminate mercurique
Difulminate de mercure (flegmatisant >= 20 %)	Numéro CAS 628-86-4
	Numéro CE 211-057-8
	Numéro index 080-005-01-X
	Synonymes Fulminate mercurique
Oxydicyanure de dimercure(II)	Numéro CAS 1335-31-5
	Numéro CE 215-629-8
	Numéro index 080-006-00-8
	Synonymes Oxycyanure mercurique
Dichlorure de mercure	Numéro CAS 7487-94-7
	Numéro CE 231-299-8
	Numéro index 080-010-00-X
	Synonymes Chlorure mercurique
Dichlorure de dimercure	Numéro CAS 10112-91-1
	Numéro CE 233-307-5
	Numéro index 080-003-00-1
	Synonymes Calomel, Chlorure mercureux
Composés inorganiques du mercure (à l'exception du sulfure mercurique et des composés nommés ci- dessus)	Numéro CAS
	Numéro CE -
	Numéro index 080-002-00-6
	Synonymes -

Etiquette



MERCURE

Danger

- H360D - Peut nuire au fœtus
- H330 - Mortel par inhalation
- H372 - Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée
- H410 - Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.

231-106-7

Numéros Index - noms chimiques

Etiquetage selon le règlement CLP (CE n° 1272/2008)

N° 080-002-00-6 (composés inorganiques du mercure à l'exception du sulfure mercurique et des composés nommés ci-dessous)



Danger,

H 330, H 310, H 300, H 373, H 410

N° 080-003-00-1 (dichlorure de dimercure, calomel, chlorure mercurique)



Attention,

H 302, H 319, H 335, H 315, H 410

N° 080-005-00-2 (difulminate de mercure, fulminate mercurique)



Danger, H 200, H

331, H 311, H 301, H 373, H 400, H 410

N° 080-005-01-X (difulminate de mercure, fulminate mercurique (flegmatisant >= 20 %))



Danger, H 201, H

331, H 311, H 301, H 373, H 400, H 410

N° 080-006-00-8 (oxydicyanure de dimercure(II), oxycyanure mercurique)



Danger, H 201, H

331, H 311, H 301, H 373, H 410

N° 080-010-00-X (dichlorure de mercure, chlorure mercurique)



Danger, H 341, H

361f, H 300, H 372, H 314, H 410

Selon l'annexe VI du règlement CLP.

ATTENTION : pour les mentions de danger H 300, H 301, H 302, H 311, H 330, H 331, H 361f, H 372 et H 373, se reporter au point 10 de la partie Réglementation.

Caractéristiques

Utilisations

[1 à 13]

Le mercure métal est utilisé principalement :

- Dans l'industrie chimique comme cathode liquide dans les cellules d'électrolyse du chlorure de sodium (production de chlore et de soude) ; il est également utilisé pour la synthèse de dérivés mercuriels minéraux ou organiques ;
- Dans l'industrie électrique comme constituant de piles, de lampes, de tubes fluorescents avec certaines restrictions réglementaires sur les teneurs en mercure présent dans ces produits ;
- Dans la dentisterie pour la préparation d'amalgames (les amalgames au mercure sont interdits dans certains pays comme la Suisse, la Suède, la Norvège et le Danemark...)
- Dans l'extraction des métaux précieux (surtout l'or et aussi l'argent) : procédé d'amalgamation utilisé dans des installations artisanales (Amazonie).

Le mercure a été très utilisé dans la fabrication d'instruments de mesure ; désormais, le règlement (UE) N° 847/2012 fixe les restrictions de mise sur le marché de ces dispositifs de mesure renfermant du mercure.

Les composés minéraux du mercure trouvent de nombreux usages, notamment dans les domaines suivants :

- Composants de piles sèches ou électrolytes pour accumulateurs (chlorure mercurique, oxyde mercurique, sulfate mercurique) avec certaines restrictions réglementaires sur les teneurs en mercure présent dans ces produits, électrodes au calomel (chlorure mercureux) ;
- Catalyseurs en synthèse organique (oxyde mercurique, sulfate mercurique) ;
- Intermédiaires pour la préparation de dérivés organo-mercuriels (chlorure mercurique) ;
- Réactifs de laboratoire (sulfate mercurique) ;
- Pigments (oxyde mercurique, sulfure mercurique, chlorure mercureux).

Globalement, les utilisations du mercure sont en déclin.

Propriétés physiques

[1 à 7, 10 à 20]

Le mercure est le seul métal liquide à température ordinaire. Ce liquide blanc argenté, brillant, inodore, très dense et très mobile, est pratiquement insoluble dans l'eau comme dans les solvants organiques usuels. Il présente un coefficient de dilatation thermique élevé, ce qui explique que l'on ait fait largement usage du mercure dans les thermomètres.

Malgré une tension de vapeur faible, il émet, dès la température ordinaire, des vapeurs en quantité appréciable (à 20 °C, concentration de vapeur saturante = 13,18 mg/m³).

L'oxyde mercurique, qui existe sous deux variétés (jaune et rouge) d'une même espèce cristalline (orthorhombique), est très peu soluble dans l'eau ; il se décompose, sous l'effet de la lumière ou de hautes températures (début de décomposition vers 400 °C), en mercure et oxygène.

Le sulfure mercurique existe sous deux formes cristallines : cinabre (rouge) et métacinabre (noire) ; il est pratiquement insoluble dans l'eau.

Le chlorure mercurique, qui se présente sous forme de cristaux nacrés à saveur métallique désagréable, est facilement soluble dans l'eau, dans l'oxyde de diéthyle et dans l'acétate d'éthyle, très soluble dans les alcools et l'acétone. Les solutions aqueuses sont légèrement acides par suite de l'hydrolyse du sel. Les cristaux émettent des vapeurs dès la température ordinaire.

Le sulfate mercurique, poudre cristalline blanche noircissant à la lumière, s'hydrolyse dès qu'il est en contact avec l'eau, avec formation d'acide sulfurique et de sulfate basique jaune insoluble.

Nom Substance	Détails	
Mercure	Formule	Hg
	N° CAS	7439-97-6
	Etat Physique	Liquide
	Solubilité	à 20 °C : 0,02-0,0567 mg/L à 100 °C : 0,6 mg/L
	Masse molaire	200,59
	Point de fusion	- 38,87 °C à - 38,48 °C
	Point d'ébullition	356,7 °C - 356,9 °C
	Densité	13,45
	Densité gaz / vapeur	6,93
	Pression de vapeur	0,16-0,17 Pa à 20 °C 0,3 Pa à 30 °C 1,7 Pa à 50 °C

Oxyde mercurique	Formule	HgO
	N° CAS	21908-53-2
	Etat Physique	Solide
	Solubilité	à 20 °C : 3 mg/L à 25 °C à 100 °C : 395 mg/L
	Masse molaire	216,61
	Point de fusion	décomposition à 500 °C
	Point d'ébullition	-
	Densité	11 - 11,29 (rouge) 11,03 à 27,5 °C (jaune)
	Densité gaz / vapeur	-
	Pression de vapeur	30,8 kPa à 400 °C
Chlorure mercurique	Formule	HgCl₂
	N° CAS	7487-94-7
	Etat Physique	Solide
	Solubilité	à 20 °C : 69 g/L à 100 °C : 480 g/L
	Masse molaire	271,52
	Point de fusion	276 - 277 °C
	Point d'ébullition	302 °C
	Densité	5,4 - 5,6
	Densité gaz / vapeur	9,8
	Pression de vapeur	0,17 Pa à 20 °C 133,32 Pa à 136,2 °C
Sulfate mercurique	Formule	Hg(SO₄)
	N° CAS	7783-35-9
	Etat Physique	Solide
	Solubilité	hydrolysé
	Masse molaire	296,68
	Point de fusion	décomposition avant 550 °C
	Point d'ébullition	-
	Densité	6,47
	Densité gaz / vapeur	-
	Pression de vapeur	-
Sulfure mercurique	Formule	HgS
	N° CAS	1344-48-5
	Etat Physique	Solide
	Solubilité	insoluble
	Masse molaire	232,68
	Point de fusion	- Sublimation à 583 °C (sulfure mercurique rouge) - Sublimation à 446 °C (sulfure mercurique noir)
	Point d'ébullition	-
	Densité	8,1 (rouge) 7,67 - 7,69 (noir)
	Densité gaz / vapeur	-
	Pression de vapeur	101 kPa à 580 °C

Pour le mercure, à 20 °C et 101,3 kPa, 1 ppm = 8,34 mg/m³.

Propriétés chimiques

[7, 10 à 12, 14 à 16, 19 à 22]

Mercure

À température ordinaire et à sec, le mercure n'est pas oxydé par l'air, ni par l'oxygène ; mais en présence de traces de vapeur d'eau, l'oxydation peut se produire lentement ; elle est accélérée par des impuretés métalliques, des radiations ultraviolettes et par l'augmentation de la température (oxydation maximale vers 350 °C). Le soufre et les halogènes se combinent facilement au mercure dès la température ordinaire.

Les solutions d'ammoniaque attaquent rapidement le métal en présence d'air ou d'oxygène ; celles de soude ou de potasse sont sans action.

Avec les acides chlorhydrique et sulfurique, l'attaque à froid reste superficielle. Avec les acides oxydants tels que les acides sulfurique et nitrique concentrés et chauds, l'attaque est rapide (elle peut être explosive avec l'acide sulfurique chaud), avec formation de sels et dégagement, selon le cas, de dioxyde de soufre ou de vapeurs nitreuses.

La plupart des métaux tels que l'étain, le cuivre, l'or ou l'argent se dissolvent dans le mercure, quelquefois dès la température ordinaire, pour donner des amalgames. L'amalgamation mercure-aluminium donne aussi lieu à une réaction extrêmement violente. Les métaux résistant le mieux à la formation d'amalgame avec le mercure sont le vanadium, le fer, le niobium, le molybdène, le tantale et le tungstène.

En présence d'acide nitrique et d'éthanol, le mercure donne naissance à un produit instable - le fulminate Hg(ONC)₂ - qui détone à partir de 85 °C ou sous l'action d'un faible choc. En présence d'acétylène, d'ammoniac ou de dioxyde de chlore, le mercure peut donner des composés sensibles aux chocs et susceptibles d'enflammer des matériaux combustibles.

Composés minéraux

L'oxyde mercurique a un caractère d'oxyde basique, mais il se comporte surtout comme un oxydant ; avec le soufre, le phosphore, le sodium, le potassium et l'hydrazine, la réaction peut être violente. Il est attaqué à froid par les halogènes et la réaction avec le chlore peut être explosive. Il est facilement réduit par l'hydrogène.

Le chlorure mercurique peut être réduit en sel mercurieux ou en mercure par des réducteurs tels que l'aluminium, des sulfites, l'acide phosphoreux ou l'hydrazine. Avec des solutions alcalines, on peut avoir formation d'oxychlorure ou précipitation d'oxyde mercurique.

À chaud, le sulfure mercurique peut être oxydé par l'oxygène ou réduit par l'hydrogène. Il réagit violemment avec les agents oxydants puissants. En présence d'eau, certains métaux peuvent libérer le mercure ; cette réaction se produit dès la température ordinaire avec le cuivre et le zinc.

Réipients de stockage

[14]

Le stockage de mercure « vierge » (pureté 99,9 %) peut s'effectuer dans des récipients en fer ou en acier inoxydable. D'autres matériaux tels que le polyéthylène haute densité, le polypropylène, le polytétrafluoroéthylène, résistent au mercure. L'aluminium, le cuivre et alliages sont à proscrire absolument. Pour de petites quantités, des flacons de verre protégés par une gaine métallique ou plastique sont utilisés.

Le mercure dénommé communément « mercure électronique » (pureté 99,99999 % ou plus) doit être conditionné en ampoules scellées de verre blanc dit « de chimie » à l'exclusion de tout autre matériau.

L'emballage des flacons ou des ampoules de mercure doit être prévu pour assurer le maximum de garantie dans les conditions normales de transport et de manipulation.

VLEP et mesurages

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

[23]

Une valeur limite d'exposition professionnelle **contraignante** (8 h/jour ; 40 h/semaine) dans l'air des locaux de travail a été établie en France pour le mercure et les composés bivalents du mercure (voir le tableau II ci-dessous).

Substance	Pays	VME (mg/m ³)
Mercure et composés bivalents du mercure, y compris l'oxyde de mercure et le chlorure mercurique	France (VLEP réglementaire contraignante), en Hg	0,02

Méthodes de détection et de détermination dans l'air

[26 à 28]

Les vapeurs de mercure sont piégées par passage au travers d'un tube adsorbant contenant de l'hopcalite, mélange d'oxydes de manganèse et de cuivre commercialisé sous le nom d'Hydrar[®], ou par diffusion dans un badge contenant de l'Hydrar[®]. Les particules contenant du mercure sont prélevées au besoin à l'aide d'un filtre en fibres de quartz (cassette éventuellement placée en amont du tube).

La mise en solution du mercure (prélevé sur tube, badge ou filtre) est effectuée par dissolution dans un mélange d'acides (HNO₃ et HCl).

Le mercure (Hg²⁺) est alors réduit à l'état zéro par une solution de chlorure stanneux et le dosage est réalisé par spectrométrie d'absorption atomique de vapeur froide, par spectrométrie d'émission à plasma ICP ou par spectrométrie de fluorescence atomique de vapeur froide [26 - 27].

Autre méthode possible : piégeage des vapeurs de mercure par passage au travers d'un tube adsorbant contenant du charbon actif. Désorption thermique sous flux d'azote et traitement acide. Dosage par absorption atomique sans flamme [28].

Incendie - Explosion

[7, 15]

Le mercure ne présente pas de risque particulier d'incendie et d'explosion : il est ininflammable. Il en est de même pour la plupart de ses composés minéraux. Toutefois, certains composés tels que l'oxycyanure et le fulminate mercuriques peuvent exploser sous l'action de la chaleur ou d'un choc (voir la classification de ces deux composés au point 10 de la partie « Réglementation »).

En cas d'incendie impliquant du mercure, les agents d'extinction recommandés seront exclusivement ceux prévus pour les substances environnantes.

L'exposition au feu du mercure et de ses composés étant toutefois susceptible de libérer des vapeurs de mercure et des poussières d'oxyde mercurique très toxiques, celles-ci seront abattues par de l'eau pulvérisée ; les intervenants seront équipés de combinaisons spéciales et d'appareils de protection respiratoire autonomes isolants.

Dans tous les cas, les eaux d'extinction ne seront pas rejetées dans l'environnement.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

[5, 18]

Le mercure et ses composés minéraux sont majoritairement absorbés par voie pulmonaire ; l'absorption par voie orale est faible mais variable selon le composé. Après absorption, le mercure présent dans le sang est distribué dans l'organisme, principalement dans le cerveau, mais aussi au niveau de l'appareil digestif et des poumons. Le mercure traverse les barrières hémato-encéphalique et placentaire. Il subit des réactions d'oxydoréduction dans les milieux biologiques et est éliminé majoritairement dans les urines et l'air expiré.

Chez l'animal

Absorption

Le mercure élémentaire et ses composés minéraux sont principalement absorbés par voie pulmonaire : chez le chien, le taux d'absorption du mercure inorganique divalent est estimé à 45 %.

Le taux d'absorption par voie orale varie en fonction de l'âge des animaux et de leur nourriture. Seulement 1 à 2 % du chlorure mercurique administré aux souris par voie orale est absorbé. Chez le rat, le taux d'absorption n'excède pas 10 % à la suite d'administrations allant jusqu'à 20 mg/kg de chlorure mercurique.

L'application d'un onguent à base de chlorure mercurique, pendant 2 ou 4 semaines, entraîne une accumulation du mercure dans les reins et une excrétion par les urines, signe d'une absorption percutanée [29]. Toutefois, aucune mesure quantitative n'est disponible.

Distribution

Le mercure élémentaire, absorbé par voie pulmonaire, est transporté par voie sanguine avant d'être distribué dans tout l'organisme. Il s'accumule principalement dans le cerveau mais également au niveau des reins, du foie, des poumons ou de l'intestin [30]. Après une exposition répétée pendant 5 semaines à 1 mg/m³ de vapeurs de mercure, des taux élevés sont détectés dans le cerveau des rats, essentiellement au niveau du néocortex et du cervelet. Cette accumulation est plus élevée chez les jeunes rongeurs que chez les adultes, expliquant, chez les jeunes, un effet neurotoxique plus important des vapeurs de mercure.

Après absorption par voie orale, les distributions du mercure élémentaire et des composés inorganiques sont similaires. Chez la souris, à la suite d'une exposition unique à des doses comprises entre 0,2 et 20 mg/kg de chlorure mercurique, les concentrations les plus élevées de mercure sont retrouvées dans le foie et les reins. Il a également été montré une accumulation au niveau de neurones de rats exposés à du chlorure de mercure via l'eau de boisson.

Chez le rat, le mercure élémentaire franchit la barrière placentaire et s'accumule chez le fœtus [31]. De par sa plus faible liposolubilité, la quantité de mercure inorganique pouvant traverser les barrières hémato-encéphalique et placentaire est inférieure à celle de mercure élémentaire. Chez la souris, les niveaux de mercure mesurés chez les fœtus sont approximativement 4 fois plus élevés après une exposition à des vapeurs de mercure élémentaire qu'à la suite d'une exposition à du chlorure mercurique ; chez les fœtus de rats, ils sont 10 à 40 fois plus élevés.

Métabolisme

Le mercure inorganique divalent est oxydé puis réduit partiellement en mercure élémentaire.

Au niveau pulmonaire, le mercure élémentaire entre rapidement dans la circulation sanguine où il va être oxydé en une forme inorganique divalente par la voie de l'hydrogène peroxyde-catalase. Cette oxydation s'effectue principalement dans le cerveau, le foie (adulte et fœtal), les poumons et probablement dans d'autres tissus dans une moindre mesure.

Élimination

Les données concernant l'élimination du mercure élémentaire et du mercure inorganique sont limitées. Après inhalation, 10 à 20 % du mercure est retrouvé dans l'air expiré ; il est aussi détecté dans le lait maternel [32]. L'âge est un facteur important dans le processus d'élimination du mercure inorganique : la rétention chez les jeunes rats est plus importante que chez les rats plus âgés.

Le mercure et ses composés mercuriques, absorbés par voies orale et percutanée, sont principalement éliminés dans les urines [29].

Chez l'homme

L'absorption du mercure métallique par voie orale est très faible (< 0,01 %). Par voie cutanée, son absorption peut être significative si le métal est à l'état très divisé. L'absorption des vapeurs de mercure est marquée par voie pulmonaire, principalement dans les membranes alvéolaires qui, en raison de la grande diffusibilité du produit et de sa liposolubilité notable, en retiennent 80 %. Le passage dans le sang et la distribution dans les organes sont très rapides : 10 minutes après la fin de l'exposition, 30 % seulement du mercure retenu restent dans le poumon. L'accumulation se fait surtout dans les reins, le foie, mais aussi dans le cerveau. Après une exposition courte, 7 % du mercure retenu sont éliminés dans l'air expiré, 2,5 % sont excrétés dans l'urine et 9 % dans les fèces dans les 3 jours qui suivent. Après une exposition prolongée, l'excrétion urinaire égale l'excrétion fécale. La demi-vie biologique a été mesurée chez des volontaires : elle est de 58 jours pour l'ensemble de l'organisme, de 1,7 jour dans les poumons, 3,3 jours dans le sang, 21 jours pour l'ensemble de la tête et 64 jours dans les reins ; au niveau du cerveau, elle est de plusieurs années [33, 34].

Le mercure élémentaire passe très facilement à travers toutes les barrières membranaires (pulmonaire, érythrocytaire, cérébrale, placentaire...). À l'intérieur des cellules, il est oxydé en ion mercurique Hg^{2+} sous l'action de la catalase ; au niveau de l'intestin, les sels mercuriques Hg^{2+} peuvent être méthylés par la flore microbienne. En raison de leur grande affinité pour les groupements thiols, les ions Hg^{2+} se fixent d'abord sur les protéines, puis sur la cystéine et le glutathion intracellulaires.

Pour les composés minéraux mercuriques administrés par voie orale, l'absorption peut atteindre 10 à 15 % ; après transport dans le sang (1/4 dans les hématies, 3/4 dans le plasma), le mercure se distribue majoritairement dans les reins (surtout les tubes proximaux) ; la quantité fixée dans le cerveau est très faible. Leur demi-vie biologique est plus courte chez la femme (29 à 41 jours) que chez l'homme (32 à 60 jours).

Le mécanisme de l'action toxique du mercure repose sur l'inhibition des enzymes thiol-dépendantes et sur la perturbation du système de transport des tubules rénaux. Il faut noter enfin que des doses répétées de mercure induisent la synthèse d'une métallothionéine, protéine impliquée dans la détoxification du métal ; on assiste ainsi au développement d'une tolérance au produit.

Surveillance biologique de l'exposition

Le dosage du mercure inorganique sanguin en fin de poste et fin de semaine de travail est un indicateur de l'exposition de la semaine précédente au mercure inorganique.

Le dosage du mercure inorganique total urinaire, au mieux le matin avant la prise de poste, permet d'apprécier l'exposition ancienne (de plus de 3 mois) au mercure inorganique.

Ces deux paramètres sont corrélés aux concentrations atmosphériques de mercure inorganique et aux effets sur la santé ; ils sont surtout intéressants au niveau collectif. Des valeurs biologiques de référence pour la population professionnellement exposée ont été établies pour le mercure sanguin et urinaire (voir Recommandations § Au point de vue médical) [64].

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

Les effets du mercure élémentaire par inhalation se manifestent principalement dans les poumons, le système nerveux, le foie et les reins. Par voies orale et cutanée, les composés mercuriques et mercureux sont à l'origine d'effets, plus ou moins sévères, au niveau gastro-intestinal, neurologique et cardio-vasculaire.

Le mercure liquide peut entraîner une conjonctivite légère, alors que des solutions concentrées de chlorure mercurique induisent des lésions sévères de la cornée. Aucune donnée n'est disponible pour la peau.

Aucune donnée quantitative n'est disponible concernant la toxicité chez l'animal du mercure élémentaire par voie orale ou par voie cutanée. Cinquante pourcents des rats exposés à 27 mg/m^3 de mercure pendant 2 heures meurent dans les 5 jours suivant l'exposition [5]. Les effets respiratoires suivants sont rapportés : dyspnée, œdème, nécrose de l'épithélium alvéolaire, et occasionnellement une fibrose pulmonaire [17, 33]. Chez les lapins exposés à la concentration de 29 mg/m^3 , l'autopsie a révélé des lésions cérébrales, hépatiques, rénales, cardiaques et pulmonaires, sévères (nécroses) lorsque l'exposition dépasse les 4 heures [5]. À la suite d'une exposition à $500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ de vapeurs de mercure métallique, pendant 4 heures, des dépôts de mercure sont observés dans le cytoplasme des neurones moteurs situés dans la moelle épinière des souris exposées ; une diminution de la force de préhension est rapportée chez ces animaux, ainsi qu'une atrophie des axones [35].

Pour les composés minéraux mercuriques (oxyde, chlorure, nitrate, sulfate), la DL 50 chez la souris ou le rat est comprise entre 10 et 40 mg/kg par voie orale, entre 40 et 600 mg/kg par voie cutanée. Les symptômes observés sont essentiellement des troubles gastro-intestinaux sévères, une néphropathie tubulaire aiguë et un collapsus cardio-vasculaire [34].

La toxicité des composés minéraux mercureux est sensiblement plus faible : DL 50 comprise entre 150 et 200 mg/kg par voie orale, entre 1200 et 2300 mg/kg par voie cutanée [18].

Irritation, sensibilisation cutanées [5]

Le contact de mercure liquide avec la conjonctive du lapin n'entraîne aucun signe clinique de conjonctivite ; une réaction inflammatoire peut toutefois être démontrée histologiquement. Les solutions concentrées (> 0,5 %) de chlorure mercurique provoquent, chez le lapin, des lésions sévères de la cornée.

Toxicité subchronique, chronique

L'exposition chronique au mercure par voie pulmonaire induit des lésions neurologiques, respiratoires et hépatiques, dont la sévérité augmente avec la durée et la concentration d'exposition. Par voie orale, les sels mercuriques sont à l'origine d'effets gastro-intestinaux, cardiaques et immunologiques.

À la suite d'expositions répétées au mercure, les effets suivants sont rapportés chez les rats ou lapins [5] :

- 1 mg/m^3 , 100 heures/semaine, 6 semaines en continu : congestion pulmonaire ;
- 3 - 4 mg/m^3 , 5 j/semaine, 12 à 42 semaines : aucun effet au niveau des poumons et du foie, légère dégénérescence de l'épithélium tubulaire, légers tremblements et agressivité accrue (réversible en 12 semaines) ;
- 6 mg/m^3 , 5 j/semaine, 6 à 11 semaines : dégénérescences cellulaires hépatiques de plus en plus marquées, avec quelques foyers nécrotiques ;
- 29 mg/m^3 , exposition subchronique : nécrose hépatique sévère.

Par voie orale, l'organe cible est le rein. L'administration continue à des rats, pendant 2 ans, d'un sel mercurique (acétate) dans leur nourriture affecte leur croissance corporelle, lorsque la dose dépasse 100 ppm, et provoque des lésions rénales (augmentation du poids relatif, hypertrophie des tubules proximaux, fibrose corticale, atrophie et fibrose des glomérules) dès la dose de 40 ppm ; une inflammation du caecum est aussi rapportée [36].

Une inflammation et une nécrose sont observées au niveau de l'épithélium glandulaire stomacal, chez des souris recevant 59 mg/kg/j de chlorure mercurique, 5 jours par semaine, pendant 2 semaines [36]. Des effets cardiaques (diminution de la contractilité cardiaque et augmentation de la pression sanguine) sont aussi rapportés [37, 38]. Enfin, un dépôt d'anticorps IgG, notamment au niveau glomérulaire, est rapporté dans les reins de rats exposés entre 200 et $300 \text{ } \mu\text{g/kg/j}$ de chlorure mercurique, dans la nourriture, pendant 60 jours [5].

Effets génotoxiques

[18, 32]

Les dérivés minéraux solubles du mercure exercent une action mutagène dans plusieurs systèmes expérimentaux in vitro et in vivo .

In vitro, les composés minéraux du mercure induisent notamment :

- des aberrations chromosomiques dans des lymphocytes humains et dans des cellules d'embryons de souris en culture ;
- une synthèse non programmée d'ADN par des cellules tumorales de souris ;
- des échanges de chromatides sœurs dans des lymphocytes de souris ou des cellules de hamster chinois.

Ils augmentent d'autre part la fréquence des transformations de cellules embryonnaires de hamster syrien.

In vivo, le chlorure mercurique est mutagène dans le test de dominance létale chez le rat et accroît la fréquence des aberrations chromosomiques dans les cellules de la moelle osseuse de hamster. Il faut noter que, dans la plupart de ces systèmes, les dérivés minéraux du mercure sont nettement moins actifs que ses dérivés organiques.

Effets cancérigènes

[17]

Très peu d'informations sont disponibles concernant le potentiel cancérigène du mercure et de ses composés. Quelques tumeurs bénignes et malignes sont rapportées au niveau des reins, à la suite d'expositions au chlorure mercurique.

À ce jour, aucune donnée n'est disponible sur un éventuel effet cancérigène du mercure élémentaire. Une seule étude, menée chez le rat et la souris, exposés pendant 2 ans par gavage au chlorure mercurique, met en évidence à partir de 1,9 mg/kg/j :

- chez la souris mâle, quelques adénomes et adénocarcinomes rénaux ;
- chez le rat femelle, quelques adénocarcinomes rénaux. Chez le rat, une augmentation de l'incidence des papillomes malpighiens de l'estomac antérieur est observée chez les mâles ; une hyperplasie dose-dépendante de cet organe est rapportée pour les deux sexes [36].

Effets sur la reproduction

Les vapeurs de mercure sont à l'origine d'effets au niveau des appareils reproducteurs mâle et femelle, diminuant la fertilité. Au niveau du développement, des effets embryotoxiques et fœtotoxiques sont rapportés ; malformations, modifications du comportement et immunomodulation sont aussi observées. Par voie orale, les sels de mercure touchent aussi les appareils reproducteurs mâle et femelle ; des effets embryotoxiques et fœtotoxiques sont aussi rapportés mais pour des doses supérieures à celles de mercure élémentaire.

Fertilité

L'exposition de rats mâles à des vapeurs de mercure perturbe la spermatogénèse et réduit leur fertilité (augmentation de la mortalité post-implantation) [39]. Un allongement des cycles œstraux est observé chez les femelles exposées à 2,5 mg/m³, 6 heures par jour, 5 jours par semaine, pendant 21 jours [32].

Des rats mâles exposés à 1 ou 2 mg/kg/j de chlorure mercurique, pendant 60 jours, présentent une augmentation du délai de fécondation des femelles, une diminution du taux de testostérone testiculaire et du nombre de spermatozoïdes dans la tête et le corps de l'épididyme [40]. Chez des femelles exposées aux mêmes concentrations pendant 60 jours, une diminution du nombre des implantations et une augmentation des implantations non-viables sont rapportées à la plus forte dose ; parallèlement, une baisse du taux de progestérone et une hausse du taux d'hormone lutéinisante sont mesurées [41].

Développement

Des effets embryotoxiques et fœtotoxiques ont été constatés lorsque des femelles de rats et de hamsters ont, en cours de gestation, été exposées à de faibles concentrations de vapeurs de mercure ou ont reçu, par voie orale, des doses sublétales de chlorure ou d'oxyde mercurique [39].

L'administration de vapeurs métalliques de mercure, 2 heures par jour à des concentrations de 0 - 1 - 2 - 4 ou 8 mg/m³ entre le 6^{ième} et le 15^{ième} jour de gestation, a provoqué une augmentation des résorptions fœtales, une diminution de la taille des portées ainsi qu'une modification du poids des nouveau-nés, uniquement chez les rates exposées à 8 mg/m³, dose fortement toxique pour les mères [31]. Des rates ont été exposées à des concentrations de 0,1 - 0,5 ou 1 mg/m³ de mercure élémentaire, soit pendant toute la période de gestation (j1 à j20), soit pendant la période de l'organogénèse (j10 à j15) : les auteurs observent une augmentation du nombre de résorptions aux concentrations de 0,5 et 1 mg/m³ pendant l'organogénèse. Deux cas d'anomalies crâniennes (sur 115 fœtus) sont notés lors des expositions à 0,5 mg/m³ pendant la gestation, ainsi qu'une diminution du poids des femelles et des fœtus à 1 mg/m³. La concentration de 0,1 mg/m³ ne provoque aucun effet [42]. L'inhalation de mercure métallique (1,8 mg/m³, 1 h ou 3 h par jour) pendant la gestation, et plus particulièrement entre le 11^{ième} et le 14^{ième} jour et entre le 17^{ième} et le 20^{ième} jour de gestation, provoque des modifications comportementales à 3 mois : effets sur les déplacements, l'apprentissage et l'activité [43]. L'exposition de rats ou souris nouveau-nés à des vapeurs de mercure élémentaire (0,05 mg/m³ jusqu'au 20^{ième} jour post-natal - période correspondant à une forte croissance du cerveau) est à l'origine de retards du développement comportemental, respectivement à l'âge de 4, 6 mois et 15 mois [44, 45].

Chez la souris d'une souche sensible à l'auto-immunité due au mercure, l'administration *via* l'eau de boisson de 50 µmol/l de chlorure mercurique du 8^{ième} jour de gestation au 21^{ième} jour post-natal induit chez les nouveau-nés âgés de 21 jours une augmentation des IgG dans le sérum et dans le cerveau, et des cytokines dans le cerveau (en quantités supérieures chez les femelles). À l'âge de 70 jours, ces niveaux sont revenus à la normale mais une diminution de la sociabilité est observée chez ces animaux, plus marquée chez les femelles. Ces anomalies ne sont pas retrouvées sur des souches non sensibles à l'auto-immunisation par le mercure [46].

Toxicité sur l'Homme

L'inhalation de vapeurs de mercure provoque principalement une irritation respiratoire et des troubles neurologiques graves. L'ingestion de sels mercuriques induit des troubles digestifs et une atteinte tubulaire rénale. Le mercure sous forme métallique n'est pas irritant pour la peau et les yeux alors que les solutions concentrées de sels mercuriques le sont.

L'exposition chronique au mercure entraîne des troubles neurologiques progressifs aboutissant à une encéphalopathie (troubles de l'humeur et de la motricité...), une neuropathie périphérique et une possible atteinte rénale.

Les études épidémiologiques conduites chez les salariés exposés au mercure ne sont pas en faveur d'un effet cancérigène.

L'exposition professionnelle au mercure ou à ses composés inorganiques pourrait induire des risques pour la fertilité chez l'homme et la femme ainsi qu'une augmentation du nombre d'avortements.

Toxicité aiguë

[47, 48, 49, 60, 62]

Avec le mercure élémentaire, deux types d'intoxication peuvent survenir avec des conséquences différentes :

- Par inhalation de vapeurs, on observe une irritation des voies respiratoires (pneumopathie diffuse avec œdème interstitiel), une encéphalopathie parfois grave (coma, convulsions), des troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhée), une stomatite et une atteinte tubulaire rénale modérée. Ces signes peuvent s'accompagner d'un érythème scarlatiniforme. Ils apparaissent, en cas d'exposition de quelques heures, pour des concentrations atmosphériques de 1 à 3 mg/m³.
- Par effraction cutanée de mercure liquide venant souiller des plaies, on observe des signes inflammatoires locaux importants et récidivants si le métal n'est pas enlevé ; en revanche, les signes d'intoxication générale sont rares. En cas de passage intraveineux, le métal peut se répandre dans l'organisme et y causer des lésions nécrotiques, en particulier par embolie artérielle.
- En cas d'ingestion, le mercure n'entraîne pas d'intoxication systémique du fait de sa très faible absorption digestive.

L'ingestion accidentelle de sels mercuriques, au contraire, entraîne immédiatement une inflammation de l'ensemble du tractus gastro-intestinal (douleurs abdominales, vomissements et diarrhées souvent sanglants) ; une insuffisance rénale aiguë anurique par néphrite tubulaire interstitielle apparaît dans les 24 premières heures, suivie le 2^{ème} ou le 3^{ème} jour par une stomatite (élimination salivaire de mercure) ; on note parfois une éruption cutanée. L'anurie peut se prolonger pendant une quinzaine de jours en cas d'intoxication massive.

L'intoxication est d'autant plus sévère que le dérivé en cause est plus soluble.

Les gouttes de mercure ayant pu accidentellement pénétrer dans l'épithélium cornéen en sont éliminées rapidement, sans réaction importante. Les solutions concentrées de la plupart des dérivés minéraux - particulièrement du chlorure et du nitrate mercuriques - sont en revanche irritantes pour les yeux et pour la peau [50].

Toxicité chronique

[32, 47, 49, 60, 62]

L'hydrargyrisme professionnel est la conséquence d'une intoxication chronique due, le plus souvent, à une exposition prolongée à des vapeurs de mercure et/ou à des poussières de dérivés mercuriels. Sa manifestation principale est une encéphalopathie dont les premiers signes sont discrets et peu spécifiques (irritabilité, émotivité, anxiété, insomnie) ; à la phase d'état apparaissent des tremblements des doigts et de la face (paupières, lèvres, langue), le signe le plus caractéristique étant un tremblement intentionnel qui rend difficiles les mouvements précis. Ces troubles peuvent s'aggraver progressivement jusqu'à devenir quasi permanents et réaliser une ataxie cérébelleuse. Des modifications du comportement sont possibles (hyperexcitabilité, dépression). Une stomatite est généralement associée à l'encéphalopathie ; des chutes de dents peuvent survenir dans des intoxications sévères. L'atteinte neurologique périphérique (polynévrite sensitivomotrice distale) est assez fréquente. En revanche, les symptômes d'un syndrome néphrotique (manifestations tubulaires ou glomérulaires) sont assez rares.

Pour une exposition continue 8 heures/jour, tous les jours ouvrés pendant une année, le seuil d'action se situerait vers la concentration de 0,06 à 0,1 mg/m³ pour les symptômes non spécifiques, de 0,1 à 0,2 mg/m³ pour les tremblements. Les études épidémiologiques réalisées aux États-Unis et au Canada ont mis en évidence une bonne corrélation entre la concentration du mercure dans l'atmosphère et sa concentration dans le sang des travailleurs exposés, ainsi qu'entre ces concentrations et l'importance des symptômes observés : la corrélation est hautement significative pour la perte de poids, l'inappétence, l'insomnie et les tremblements ; les signes neurologiques apparaissent pour des concentrations plasmatiques de l'ordre de 200 à 500 µg/L.

Si l'exposition est interrompue dès l'apparition des premiers symptômes, la récupération peut être totale ; si elle est prolongée, des séquelles organiques peuvent persister. Le contact prolongé ou répété avec le mercure ou ses dérivés peut entraîner, de façon assez rare, une sensibilisation qui se traduit notamment par des dermatoses eczématiformes.

L'exposition prolongée ou répétée aux vapeurs de mercure induit une décoloration caractéristique du cristallin (mercurialentis) ; celle-ci se produit également en cas d'intoxication systémique, quelles que soient la voie d'intoxication (respiratoire, gastro-intestinale, cutanée) et la nature du composé mercuriel ; elle peut même être observée en absence d'autres signes cliniques [50].

Effets génotoxiques

Un nombre anormalement élevé d'aberrations chromosomiques a été observé chez des travailleurs ayant des taux élevés de mercure urinaire (> 800 µg/L) [51], alors que des résultats négatifs ont été notés pour des taux inférieurs à 100 µg/L [52].

Effets cancérigènes

Un certain nombre d'études épidémiologiques ont été conduites pour évaluer la mortalité par cancer chez des salariés exposés aux vapeurs de mercure élémentaire. Les résultats ne sont pas en faveur d'un effet cancérigène du mercure :

- Une étude de cohorte menée dans une usine de fabrication d'armes n'a pas mis en évidence de différence significative concernant le risque de cancer du poumon entre les salariés exposés et les salariés non exposés [56].
- Barregard et al. (1990) montrent un excès de risque de cancer du poumon dans une usine de fabrication de chlore ; cet excès pourrait être lié à une exposition antérieure à l'amiante dans cette usine. Aucune autre augmentation significative n'a été notée [54].
- Des risques significatifs de cancer du cerveau auraient été mis en évidence dans une usine de fabrication de chlore en Norvège, les résultats complets de cette étude n'ont toutefois pas été publiés [57].
- Une étude réalisée sur 3998 mineurs exposés au mercure dans une mine en Espagne n'a pas montré d'augmentation de cancers. Il est difficile de savoir si le suivi a tenu compte des perdus de vue [58].

Aucune étude épidémiologique n'a été réalisée sur l'effet cancérigène du mercure inorganique.

Effets sur la reproduction

Une augmentation de l'incidence des avortements spontanés et des mastopathies a été signalée chez des femmes exposées à des vapeurs de mercure dans une fonderie (concentration atmosphérique maximale : 0,08 mg/m³) [59]. Des cas d'oligospermie et de stérilité ont été observés chez des travailleurs exposés à l'oxyde mercurique dans une fabrique de batteries [47]. Le taux de fertilité de travailleurs ayant des concentrations urinaires de mercure comprises entre 5 et 271 µg/L n'est pas modifié [60].

Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) rapporte plusieurs études des années 1980 menées chez les dentistes et leur personnel, au Danemark, aux États-Unis, en Pologne, en Suède et en Italie ; en Pologne, les auteurs décrivent une augmentation du nombre d'avortements spontanés chez les dentistes et assistantes dentaires comparé aux témoins (24 % contre 11 %) ainsi que 5 cas de spina bifida ; en Italie, une augmentation du taux d'anomalies de la hanche est notée (peut-être liées à des facteurs géographiques), les autres études ne montrent pas d'anomalie [53]. Dans une étude épidémiologique, réalisée également chez des assistantes dentaires, les auteurs ont montré que la fécondabilité des femmes exposées à de fortes concentrations en mercure (via les amalgames dentaires) est de 63 % par rapport aux femmes non exposées aux amalgames contenant du mercure [61]. De même, une étude plus récente a pu montrer que les femmes exposées à des vapeurs de mercure au travail (0,001 - 0,200 mg/m³) présentent des douleurs abdominales et des dysménorrhées comparativement aux femmes non exposées [63].

L'étude de Cordier et al. (1991) a mis en évidence un risque d'avortement spontané doublé (2,26, IC 0,99 - 5,23) chez les femmes de salariés exposés au mercure élémentaire, si la concentration de mercure dans les urines des salariés est supérieure à 50 µg/L. Cependant, il existe d'autres expositions de ces salariés en relation avec des taux d'avortements élevés [55].

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : 1^{er} trimestre 2014

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population", "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées.

Sécurité et santé au travail

Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux)

- Articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail.
- Circulaire DRT du ministère du travail n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

Mesures de prévention des risques chimiques (agents cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction dits CMR, de catégorie 1A ou 1B)

- Articles R. 4412-59 à R. 4412-93 du Code du travail.
- Circulaire DRT du ministère du travail n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

Prévention des incendies et des explosions

- Articles R. 4227-1 à R. 4227-41 du Code du travail.

Douches

- Article R. 4228-8 du Code du travail et arrêté du 23 juillet 1947 modifié, fixant les conditions dans lesquelles les employeurs sont tenus de mettre les douches à la disposition du personnel effectuant des travaux insalubres ou salissants (régime général).

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Article R. 4412-149 du Code du travail : Décret n° 2012-746 du 9 mai 2012.

Maladies à caractère professionnel

- Articles L. 461-6 et D. 461-1 et annexe du Code de la sécurité sociale : déclaration médicale de ces affections.

Maladies professionnelles

- Article L. 461-4 du Code de la sécurité sociale : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'inspection du travail ; tableau n° 2.

Surveillance médicale renforcée

- Article R. 4624-18 du Code du travail (modifié par les décrets n° 2012-135 du 30 janvier 2012 et n° 2014-798 du 11 juillet 2014).

Travaux interdits

- Jeunes travailleurs de moins de 18 ans : article D. 4153-17 du Code du travail. Des dérogations sont possibles sous conditions : articles R. 4153-38 à R. 4153-49 du Code du travail.
- Salariés sous contrat de travail à durée déterminée et salariés temporaires : articles D. 4154-1 à D. 4154-4, R. 4154-5 et D. 4154-6 du Code du travail.
- Femmes enceintes ou allaitant : article D. 4152-10 du Code du travail.

Entreprises extérieures

- Article R. 4512-7 du Code du travail et arrêté du 19 mars 1993 (JO du 27 mars 1993) fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

Classification et étiquetage

a) **substances** mercure et ses composés :

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (JOUE L 353 du 31 décembre 2008)) introduit dans l'Union européenne le système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. La classification et l'étiquetage du mercure et de ses composés, harmonisés selon les deux systèmes (règlement CLP et directive 67/548/CEE) figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. Les classifications sont :

- selon le règlement (CE) n° 1272/2008

Composés inorganiques du mercure à l'exception du sulfure mercurique et des composés nommés ci-dessous :

- Toxicité aiguë (par inhalation), catégorie 2 (*) ; H 330
- Toxicité aiguë (par voie cutanée), catégorie 1 ; H 310
- Toxicité aiguë (par voie orale), catégorie 2 (*) ; H 300
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition répétée, catégorie 2 (*) ; H 373 (**)
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger aigu, catégorie 1 ; H 400
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger chronique, catégorie 1 ; H 410

Mercurure

- Toxicité pour la reproduction, catégorie 1B ; H 360D (***)
- Toxicité aiguë (par inhalation), catégorie 2 (*) ; H 330
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition répétée, catégorie 1 ; H 372 (**)
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger aigu, catégorie 1 ; H 400
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger chronique, catégorie 1 ; H 410

Dichlorure de dimercure

- Toxicité aiguë (par voie orale), catégorie 4 (*) ; H 302
- Irritation oculaire, catégorie 2 ; H 319
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition unique, catégorie 3 : Irritation des voies respiratoires ; H 335
- Irritation cutanée, catégorie 2 ; H 315
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger aigu, catégorie 1 ; H 400
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger chronique, catégorie 1 ; H 410

Difulminate de mercure

- Explosifs instables ; H 200
- Toxicité aiguë (par inhalation), catégorie 3 (*) ; H 331 Toxicité aiguë (par voie cutanée), catégorie 3 (*) ; H 311 Toxicité aiguë (par voie orale), catégorie 3 (*) ; H 301 Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition répétée, catégorie 2 (*) ; H 373 (**)
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger aigu, catégorie 1 ; H 400
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger chronique, catégorie 1 ; H 410

Difulminate de mercure (flegmatisant >= 20 %)

- Explosifs, division 1.1 ; H 201
- Toxicité aiguë (par inhalation), catégorie 3 (*) ; H 331
- Toxicité aiguë (par voie cutanée), catégorie 3 (*) ; H 311
- Toxicité aiguë (par voie orale), catégorie 3 (*) ; H 301
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition répétée, catégorie 2 (*) ; H 373 (**)
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger aigu, catégorie 1 ; H 400
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger chronique, catégorie 1 ; H 410

Oxydicyanure de dimercure

- Explosifs, division 1.1 ; H 201
- Toxicité aiguë (par inhalation), catégorie 3 (*) ; H 331
- Toxicité aiguë (par voie cutanée), catégorie 3 (*) ; H 311
- Toxicité aiguë (par voie orale), catégorie 3 (*) ; H 301
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition répétée, catégorie 2 ; H 373 (**)
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger aigu, catégorie 1 ; H 400
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger chronique, catégorie 1 ; H 410

Dichlorure de mercure

- Mutagénicité sur les cellules germinales, catégorie 2 ; H 341
- Toxicité pour la reproduction, catégorie 2, H 361f (***)
- Toxicité aiguë (par voie orale), catégorie 2 (*) ; H 300
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition répétée, catégorie 1 ; H 372 (**)
- Corrosion cutanée, catégorie 1B ; H 314
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger aigu, catégorie 1 ; H 400
- Dangers pour le milieu aquatique - Danger chronique, catégorie 1 ; H 410

(*) Cette classification est considérée comme une classification minimale. La classification dans une catégorie plus sévère doit être appliquée si des données accessibles le justifient. Par ailleurs, il est possible d'affiner la classification minimum sur la base du tableau de conversion présenté en Annexe VII du règlement CLP quand l'état physique de la substance utilisée dans l'essai de toxicité aiguë par inhalation est connu. Dans ce cas, cette classification doit remplacer la classification minimum.

(**) Selon les règles de classification préexistante, la classification s'appliquait pour une voie d'exposition donnée uniquement dans les cas où il existait des données justifiant la classification en fonction de cette voie. Le règlement CLP prévoit que la voie d'exposition ne doit être indiquée dans la mention de danger que s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie ne peut conduire au même danger. Faute d'informations sur les voies d'exposition non classées (absence de données ou absence d'effet), la classification préexistante a été convertie en classification CLP mais sans précision de voie d'exposition.

(***) La classification de ces substances fait état d'effets sur la fertilité ("f") ou sur le développement ("D"). Sauf preuves du contraire, les effets sur la fertilité ou sur le développement non mentionnés dans ces classifications ne peuvent néanmoins pas être exclus.

- selon la directive 67/548/CEE

C composés inorganiques du mercure à l'exception du sulfure mercurique et des composés nommés ci-dessous :

- Très toxique ; R 26/27/28 R 33
- Dangereux pour l'environnement ; R 50-53

Mercure

- Toxique pour la reproduction catégorie 2 ; R 61
- Très toxique ; R 26
- Toxique ; R 48/23
- Dangereux pour l'environnement ; R 50-53

Dichlorure de dimercure

- Nocif ; R 22
- Irritant ; R 36/37/38
- Dangereux pour l'environnement ; R 50-53

Difulminate de mercure

- Explosif ; R 3
- Toxique ; R 23/24/25
- R 33
- Dangereux pour l'environnement ; R 50-53

Oxydicyanure de dimercure

- Explosif ; R 2
- Toxique ; R 23/24/25
- R 33
- Dangereux pour l'environnement ; R 50-53

Dichlorure de mercure

- Mutagène catégorie 3 ; R 68
- Toxique pour la reproduction catégorie 3 ; R 62
- Très toxique ; R 28
- Toxique ; R 48/24/25
- Corrosif ; R 34
- Dangereux pour l'environnement ; R 50-53

b) **mélanges** (préparations) contenant du mercure ou des composés du mercure :

- Règlement (CE) n° 1272/2008

Des limites spécifiques de concentration ont été fixées pour certains composés du mercure.

Les lots de mélanges classés, étiquetés et emballés selon la directive 1999/45/CE peuvent continuer à circuler sur le marché jusqu'au 1er juin 2017 sans réétiquetage ni réemballage conforme au CLP.

Interdiction / Limitations d'emploi

Produits CMR

- Règlement (UE) n° 109/2012 de la Commission du 9 février 2012 modifiant l'annexe XVII du règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH) relative aux restrictions applicables à certaines substances dangereuses (point 30 : substances figurant à l'annexe VI du règlement CLP et classées toxiques pour la reproduction 1A ou 1B).

Substance faisant l'objet d'une restriction au titre de l'Annexe XVII de Reach (autres que CMR) :

- Règlement (UE) n° 552/2009 de la Commission du 22 juin 2009 modifiant l'annexe XVII de règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH) relative aux restrictions applicables à certaines substances dangereuses (point 18 : composés du mercure, interdiction d'utiliser des composés du mercure dans les produits antialissures, les produits de protection du bois, les produits d'imprégnation des textiles lourds industriels et des fils destinés à leur fabrication ainsi que dans les produits de traitement des eaux).
- Règlement (UE) n° 847/2012 de la Commission du 19 septembre 2012 modifiant l'annexe XVII de règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH) relative aux restrictions applicables à certaines substances dangereuses (point 18 bis : mercure, restriction de l'emploi du mercure dans les dispositifs de mesure tels que les thermomètres, baromètres...).
- Décret n° 2009-1139 du 22 septembre 2009 relatif à la mise sur le marché des piles et accumulateurs (les piles et accumulateurs ne doivent pas contenir plus de 0,0005 % de mercure en poids à l'exception des piles boutons dont la teneur en mercure doit être inférieure à 2 % en poids).
- Décret n° 2013-988 du 6 novembre 2013 relatif à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses (dont le mercure) dans les équipements électriques et électroniques (concerne notamment les lampes fluorescentes à simple culot, les lampes fluorescentes à double culot, les lampes fluorescentes à cathode froide, lampes à décharge basse pression).

Protection de la population

- Article L. 1342-2, articles R. 5132-43 à R. 5132-73, R. 1342-1 à R. 1342-12 du Code de la santé publique :
 - détention dans des conditions déterminées (art. R. 5132-66) ;
 - étiquetage (cf. Réglementation) ;
 - cession réglementée (art. R. 5132-58 et R. 5132-59).

Protection de l'environnement

Installations classées pour la protection de l'environnement : les installations ayant des activités, ou utilisant des substances, présentant un risque pour l'environnement peuvent être soumises au régime ICPE.

Pour consulter des informations thématiques sur les installations classées, veuillez consulter le site (<https://aida.ineris.fr>) ou le ministère chargé de l'environnement et ses services (DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du logement) ou les CCI (Chambres de Commerce et d'Industrie)).

Transport

Se reporter entre autre à l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (dit " Accord ADR ") en vigueur (www.unece.org/fr/trans/danger/publi/adr/adr_f.html). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

Recommandations

Lorsque l'emploi du mercure ou de ses composés minéraux est techniquement indispensable, l'exposition des travailleurs doit être réduite au niveau le plus bas possible. Des mesures très strictes de prévention et de protection adaptées au risque s'imposent lors du stockage et de la manipulation de ces substances ou des préparations les contenant.

Au point de vue technique

Stockage

- Stocker le mercure et ses composés dans des locaux frais et bien ventilés, à l'abri de toute source de chaleur ou d'ignition (rayonnements solaires, flammes, étincelles...) et à l'écart de produits incompatibles (voir le paragraphe sur les propriétés chimiques). Le sol et les parois des locaux de stockage du mercure seront construits en matériaux lisses et imperméables, exempts de fissures et de joints poreux ; le sol présentera une légère déclivité conduisant à une rigole d'écoulement avec une trappe et amenée d'eau afin qu'en cas de déversement accidentel, le métal puisse être collecté sous eau et récupéré rapidement.
- Interdire de fumer.
- Fermer soigneusement les récipients et les étiqueter correctement. Reproduire l'étiquetage en cas de fractionnement des emballages. Le métal récupéré sera conservé, dans toute la mesure du possible, en atmosphère close sous gaz inerte.
- Pour éviter de répandre du mercure, effectuer sous aspiration à partir de système clos et au moyen d'appareils spécialement prévus à cet effet toutes les opérations de vidange, soutirage, remplissage ou transvasement de métal. Récupérer immédiatement tout mercure répandu, même en faible quantité, en utilisant soit des techniques physiques (aspiration sous vide avec piège de charbon actif dopé à l'iode, congélation avec de l'azote liquide), soit un procédé chimique (amalgamation) ; voir aussi, ci-dessous, le point « en cas de fuite » dans la partie « Manipulation ».
- Des appareils de protection respiratoire isolants autonomes seront prévus à proximité des locaux pour les interventions d'urgence.

Manipulation

Les prescriptions relatives aux zones de stockage sont applicables aux ateliers où sont utilisés le mercure et ses composés minéraux. En outre :

- Instruire le personnel des risques présentés par les produits, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident. Les procédures spéciales en cas d'urgence feront l'objet d'exercices d'entraînement.
- Entreposer dans les ateliers des quantités de produits relativement faibles et de toute manière ne dépassant pas celles nécessaires au travail d'une journée.
- Prévenir toute inhalation de vapeurs ou de brouillard de mercure comme celle des aérosols solides ou liquides de ses composés minéraux. Effectuer en appareil clos toute opération industrielle qui s'y prête, notamment celles où le mercure est chauffé. Prévoir une aspiration des émissions à leur source ainsi qu'une ventilation générale des locaux (celle-ci ne devra pas comporter de recyclage d'air). Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certaines opérations exceptionnelles de courte durée ; leur choix dépend des conditions de travail ; si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type HgP3. Pour des interventions d'urgence, le port d'un appareil respiratoire autonome isolant est nécessaire.
- Séparer les postes et locaux où s'effectuent des opérations pouvant donner lieu à émission de poussières, de brouillard et de vapeurs. Placer notamment dans des enceintes ventilées ou des hottes les dispositifs comportant un chauffage de mercure.
- Contrôler fréquemment et régulièrement la teneur de l'atmosphère en mercure ; dans les locaux où le métal est manipulé de façon régulière, la mesure en continu est recommandée.
- Éviter tout contact des produits avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des équipements de protection individuelle : vêtements de travail, gants imperméables (par exemple en caoutchouc butyle, caoutchouc naturel, caoutchouc polychloroprène ou encore caoutchouc nitrile [14, 15, 24]) et lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après chaque usage. Pour la manipulation du mercure, les vêtements ne devront comporter ni poches, ni revers.
- Ne pas boire ou manger dans les ateliers. Observer une hygiène corporelle et vestimentaire très stricte : lavage soigneux des mains, des dents et du visage avant les repas, passage à la douche et changement complet de vêtements après le travail, rangement séparé des vêtements de ville et des vêtements de travail. L'employeur assurera l'entretien et le lavage fréquent des vêtements de travail qui devront rester dans l'entreprise.
- Prévoir l'installation de douches de sécurité dans les ateliers où le produit est manipulé de façon constante.
- Les tables de travail sur lesquelles est manipulé le mercure devront avoir des bords surélevés avec des angles arrondis et comporter une pente légère menant vers une rigole d'écoulement se déversant dans un flacon rempli d'eau, de façon que le mercure répandu puisse y être collecté immédiatement. Veiller à ce que la surface exposée soit la plus petite possible.
- Les installations de chauffage des locaux de travail (radiateurs, conduites de vapeur ou d'eau chaude) seront encastrées de façon à faciliter le nettoyage et l'entretien.
- Maintenir les locaux en parfait état de propreté ; un nettoyage quotidien, systématique et approfondi sera assuré ; les aspirateurs seront munis de filtres à charbon actif capables d'adsorber les vapeurs de mercure.
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du mercure ou ses composés sans prendre les précautions d'usage [65].
- Ne pas rejeter à l'égout ou dans le milieu naturel les eaux polluées par le mercure ou ses composés minéraux.
- En cas de fuite ou de déversement accidentel important (quantité de mercure dépassant environ 100 g) dans un local, fermer le chauffage, interdire l'accès au local contaminé, aérer la zone si possible, évacuer le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs entraînés munis d'un équipement de protection approprié. Si le déversement est mineur, il conviendra de porter les équipements de protection individuelle, de délimiter la surface à décontaminer, d'éteindre toute source de chaleur, de récupérer directement le mercure répandu ou de le transformer en composés non volatils. Les procédés chimiques suivants permettent de transformer le mercure élémentaire en composés non volatils : le procédé au polysulfure de calcium, le procédé à

base de fleur de soufre, le procédé à base de thiosulfate de sodium et d'EDTA, le procédé par obtention d'amalgames solides à l'aide de poudres de cuivre, de zinc et d'étain ou encore « d'éponge à mercure » constituée d'une éponge métallique de cuivre imprégnée d'une mixture à base de poudre de zinc et d'un acide faible en présence d'un agent mouillant (acide sulfamique à 5 % + 100 ppm d'un tensio-actif). Des kits de décontamination du mercure sont commercialisés.

Les procédés physiques peuvent permettre d'aspirer les gouttelettes de mercure à l'aide d'aspirateurs à mercure spécifiques (surtout ne pas utiliser d'aspirateurs ordinaires qui propageraient la contamination dans l'atmosphère) ou à l'aide de trompes à eau (ne jamais balayer un déversement de mercure car ceci aurait pour effet de diviser le mercure en plus fines gouttelettes) [14, 16, 25].

- Conserver les déchets du mercure et de ses composés minéraux dans des récipients spécialement prévus à cet effet et les envoyer à des centres spécialisés dans le traitement des déchets mercuriels.

Au point de vue médical

- À l'embauchage, on pratiquera un interrogatoire et un examen médical complet afin d'éviter d'exposer des personnes présentant une affection neurologique, rénale ou cutanéomuqueuse chronique.
- Le médecin du travail avertira les femmes en âge de procréer du danger pour la reproduction du mercure, leur rappellera l'importance du respect des mesures de prévention et les informera de la nécessité de l'avertir dès le début de la grossesse.
- Les femmes enceintes et les femmes allaitant ne peuvent être affectées ou maintenues à des postes de travail les exposant au mercure au vu de la réglementation.
- Le médecin du travail avertira les sujets potentiellement exposés au mercure du risque éventuel d'atteinte de la fertilité et recherchera systématiquement des difficultés de conception à l'interrogatoire.
- Lors des examens ultérieurs, on recherchera tout signe clinique (état général, cutané, neurologique) d'intoxication au mercure. Des examens complémentaires seront régulièrement pratiqués pour étudier la fonction rénale.
- Surveillance biologique [64]¹ : Le dosage du mercure sanguin en fin de poste et fin de semaine est surtout le reflet de l'exposition de la semaine précédente. La valeur finlandaise BAL (Biological action level) fixée à 10 µg/L pour le mercure inorganique sanguin (moment non défini) est basée sur la relation avec les effets sur la santé. L'ACGIH a supprimé en 2012 le BEI (Biological exposure indice) pour le mercure inorganique sanguin. Le dosage du mercure inorganique total urinaire, au mieux le matin avant la prise de poste, permet d'apprécier l'exposition ancienne (de plus de 3 mois) au mercure inorganique. Étant donné les grandes variations journalières des taux de mercure urinaire, un dosage anormalement élevé doit être confirmé par une deuxième analyse. Ce paramètre est le mieux corrélé aux effets sur la santé. L'ACGIH a abaissé en 2012 le BEI (Biological exposure indice) pour le mercure urinaire en le fixant à 20 µg/g.c avant le poste lors d'une exposition au mercure métallique et inorganique ; le BEI est basé sur la relation avec les effets sur la santé.

¹ [http://ssavmdomappa3/bdd/fichetox.nsf/\(\\$All\)/ORIGUNID_A1BE6CA3AD76B359C1257E8A002D66B8?EditDocument#ancre_BiblioTexte](http://ssavmdomappa3/bdd/fichetox.nsf/($All)/ORIGUNID_A1BE6CA3AD76B359C1257E8A002D66B8?EditDocument#ancre_BiblioTexte)

Pour ces deux paramètres, présents dans les urines des sujets non professionnellement exposés, on se méfiera d'une contamination du prélèvement. Dans l'interprétation des résultats, il faudra tenir compte de l'alimentation (consommation de poissons en particulier), source de mercure inorganique, et des amalgames dentaires.

Il existe des valeurs guides françaises pour ces deux paramètres mais elles n'ont pas été mises à jour depuis 1997.

- En cas d'ingestion d'un sel de mercure, si le sujet est conscient, on tentera de le faire vomir et on organisera son transfert en milieu hospitalier pour un traitement évacuateur, symptomatique et éventuellement chélateur spécifique.
- En cas de blessure ou de souillure d'une plaie avec du mercure, le patient sera transféré à l'hôpital pour examen.
- En cas de projection cutanée ou oculaire, laver immédiatement à l'eau. Retirer les vêtements imprégnés. Si des signes persistent ou apparaissent, consulter un médecin.

Bibliographie

- 1 | Mercure. Dossier d'enregistrement REACH. (<https://echa.europa.eu/fr/home>).
- 2 | Mercury. In : Seidel A (ed) - Kirk-Othmer Encyclopedia of chemical technology, 5th ed. Vol. 16. New-York : J Wiley Interscience ; 2004 : 31-58.
- 3 | Mercury in Patty's Toxicology, 5th ed. Vol. 2. New York : John Wiley and Sons ; 2001 : 327-352.
- 4 | The Merck index. An encyclopedia of chemicals, drugs and biological. 14th ed. Whitehouse Station : Merck and Co ; 2006.
- 5 | INERIS, 2010. Données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : mercure et dérivés, DRC-10-109974-00926A, 120 p. (www.ineris.fr/substances/fr/substance/getDocument/2802).
- 6 | SUVA, 2013. Mercure, division médecine du travail (www.suva.ch/medecine-du-travail-factsheets).
- 7 | Mercure. In : Répertoire toxicologique. CSST, 2013 (www.reptox.csst.qc.ca/Produit.asp?no_produit=4309).
- 8 | OMS, 2013. Mercure et santé, aide-mémoire N° 361 (www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/fr/).
- 9 | Évaluation mondiale du mercure. PNUÉ, 2005. (<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/12297/final-assessment-report-F-revised.pdf?sequence=3&isAllowed=y>).
- 10 | Mercury, elemental. In : HSDB. NLM, 2010 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>).
- 11 | Mercuric chloride. In : HSDB. NLM, 2010 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>).
- 12 | Mercuric oxide. In : HSDB. NLM, 2010 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>).
- 13 | Mercuric sulfate. In : HSDB. NLM, 2010 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>).
- 14 | Guide de nettoyage, de stockage provisoire ou intermédiaire et de transport de déchets contenant du mercure provenant des établissements de santé, United Nations Development Programme, 2010. (<https://www.unenvironment.org/fr/resources/rapport/guide-pratique-sur-le-stockage-et-lelimination-des-dechets-de-mercure>).
- 15 | Mercury. In : Gestis-databank on hazardous substances. IFA, 2013. (https://limitvalue.ifa.dguv.de/WebForm_gw2.aspx).
- 16 | Le mercure. Prévention de l'hydrargyrisme. Paris, INRS, 2003, ED 546, 60 p.
- 17 | Elemental mercury and inorganic mercury compounds : Human health aspects. CICAD 50. Genève : WHO ; 2003.
- 18 | ATSDR - Toxicological Profiles for mercury. Atlanta : ATSDR ; 1999.

- 19 | Mercure. Fiche IPCS. ICSC 0056, 2004. (www.cdc.gov/niosh).
- 20 | Pascal P - Nouveau traité de chimie minérale. Vol 5, Paris, Masson et Compagnie, 1962, 966 p.
- 21 | Pohanish RP, Greene SA - Wiley guide to chemical incompatibilities. 3rd edition. Hoboken : John Wiley and sons ; 2009 : 1110 p.
- 22 | Bretherick's handbook of reactive chemicals hazards, 6e ed. Oxford, Butterworth-Heinemann Ltd, 1999, vol. 1, p. 544.
- 23 | Mercure et composés bivalents du mercure. Aide mémoire technique « Les valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques ». ED n° 984. INRS (www.inrs.fr).
- 24 | Forsberg K, Mandorf SZ - Quick selection guide to chemical protective clothing. 5th ed. Hoboken : John Wiley & Sons ; 2007 : 203 p.
- 25 | Déversements de mercure métallique : étapes à suivre pour réussir une décontamination. Portail toxicologique clinique, Institut National de Santé Publique, Québec, 1996. (<https://www.inspq.qc.ca/toxicologie-clinique/deversement-de-mercure-metallique-cas-d-une-polyvalente-dans-l-estrie>).
- 26 | Mercure sur tube Hydrar®. Fiche 079. In : MétroPol. INRS, 2013 (www.inrs.fr/metropol/).
- 27 | Norme ISO 17733:2004. Air des lieux de travail - Détermination du mercure et des composés minéraux de mercure - Méthode par spectrométrie d'absorption atomique ou spectrométrie de fluorescence atomique de la vapeur froide (2004).
- 28 | Mercure sur tubes de charbon actif. Fiche 024. In : MétroPol. INRS, 2000 (www.inrs.fr/metropol/).
- 29 | Qiu H, Sun XM, Huang W et al. - Study on absorption and accumulation of mercury in rats by repeated administration of Yuhong ointment. ZZYZZ. 2013 ; 38(6) : 884-891. (résumé).
- 30 | Yasutake A, Yoshida M, Honda A et al. - Distribution of mercury in metallothionein-null mice after exposure to mercury vapor : amount of metallothionein isoform does not affect accumulation of mercury in the brain. *J Toxicol Sci.* 2012 ; 37(4) : 765-771.
- 31 | Morgan DL, Chanda SM, Price HC et al. - Disposition of inhaled mercury vapor in pregnant rats : maternal toxicity and effects on developmental outcome. *Toxicol Sci.* 2002 ; 66(2) : 261-273.
- 32 | Mercury, inorganic. Environmental Health Criteria EHC 118. Genève :WHO ; 1991.
- 33 | TSD dor noncancer RELs - Mercury reference levels. Individual acute, 8-hour and chronic reference exposure level summaries. OEHA. 2008.
- 34 | Mercury - Monograph for UKPID. WHO. 2012.
- 35 | Roos PM et Dencker L - Mercury in the spinal cord after inhalation of mercury. *Basic Clin Pharmacol Toxicol.* 2012 ; 111 : 126-132.
- 36 | Mercuric chloride (CAS n° 7487-94-7) : Toxicology and carcinogenesis studies of mercuric chloride in F344/N rats and B6C3F mice (feed studies). NTP report n° 345. National Toxicology Program. 1993.
- 37 | Carmignani M, Boscolo P et Artese L - Renal mechanisms in the cardiovascular effects of chronic exposure to inorganic mercury in rats. *Br J Ind Med.* 1992 ; 49(4) : 226-232.
- 38 | Lemos NB, Angell JK, de Oliveira Faria T et al. - Low mercury concentration produces vasoconstriction, decreases nitric oxide bioavailability and increases oxidative stress in rat conductance artery. *PLoS ONE.* 2012 ; 7(11).
- 39 | Registry of toxic effects of chemical substances, edition 1985-86, vol. 3A. Cincinnati, NIOSH, pp. 3060-73.
- 40 | Heath JC, Abdelmageed Y, Braden TD et Goyal HO - The effects of chronic ingestion of mercuric chloride on fertility and testosterone levels in male Sprague Dawley rats. *J Biomed Biotechnol.* 2012 ; 2012 : 1-9.
- 41 | Heath JC, Abdelmageed Y, Braden TD et al. - The effects of chronic mercury chloride ingestion in female Sprague-Dawley rats on fertility and reproduction. *Food Chem Toxicol.* 2009 ; 47 : 1600-1605.
- 42 | Steffek AJ, Clayton R, Siew C et Verrusio AC - Effects of elemental mercury vapor exposure on pregnant Sprague-Dawley rats. *Teratology.* 1987 ; 35(2) : 59A.
- 43 | Danielsson BR, Fredriksson A, Dahlgren L et al. - Behavioural effects of prenatal metallic mercury inhalation exposure in rats. *Neurotoxicol Teratol.* 1993 ; 15(6) : 391-396.
- 44 | Fredriksson A, Dahlgren L, Danielsson B et al. - Behavioral effects of neonatal metallic mercury exposure in rats. *Toxicology.* 1992 ; 74(2-3) : 151-160.
- 45 | Yoshida M, Watanabe C, Honda A et al. - Emergence of delayed behavioral effects in offspring mice exposed to low levels of mercury vapor during the lactation period. *J Toxicol Sci.* 2013 ; 38 (1) : 1-6.
- 46 | Zhang Y, Bolivar VJ et Lawrence DA - Maternal exposure to mercury chloride during pregnancy and lactation affects the immunity and social behavior of offspring. *Toxicol Sci.* 2013 ; 133(1) : 101-111.
- 47 | Haguenoer JM, Furon D - Toxicologie et hygiène industrielles - Les dérivés minéraux, vol. 1. Paris, Technique et documentation, 1981, pp. 253-301.
- 48 | Les risques d'intoxication par le mercure. Lucerne, Cahiers suisses de la sécurité du travail, 1987. CSST 145, 47 p.
- 49 | ACGIH : Mercury, All forms except alkyl. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Cincinnati, Ohio. 2001.
- 50 | Grant WM - Toxicology of the eye. 3rd ed., Springfield, Charles C. Thomas, 1986, pp. 579-588.
- 51 | Verschaeve L et coll - Cytogenetic investigation on leukocytes of workers exposed to metallic mercury. *Environ. Mutagen.* 1979, 1, pp. 259-268.
- 52 | Popescu HI, Negru L, Lancanjan I - Chromosome aberrations induced by occupational exposure to mercury. *Arch. Environ. Health.* 1979 ; 34 : 461-463.
- 53 | Anonymous - Mercury and mercury compounds in IARC, 1993.
- 54 | Barregard L, Sallsten G and Jarvholm B - Mortality and cancer incidence in chloralkali workers exposed to inorganic mercury. *Br J Ind Med.* 1990 ; 47(2) : 99-104.
- 55 | Cordier S, Deplan F, Mandereau L - Paternal exposure to mercury and spontaneous abortions. *Br J Ind Med.* 1991 ; 48(6) : 375-381.
- 56 | Cragle D, Hollis D, Qualters J et al. - Mortality study of men exposed to elemental mercury. *J Occup Med.* 1984 ; 26 : 817-821.
- 57 | Ellingsen D, Andersen A and Nordhagen HP - Cancer incidence and mortality among workers exposed to mercury in the Norwegian chloralkali industry. In : 8th International Symposium on Epidemiology in Occupational Health, Paris, France, September 1992, 10-12, Eds.

- 58 | Gómez MG, Boffetta P, Klink JD, Español S, Quintana JG, Colin D - Cancer mortality in mercury miners [article en espagnol]. *Gac Sanit.* 2007 ; 21(3) : 210-7.
- 59 | Goncharuk GA - Problems relating to occupational hygiene in women in production of mercury. *Gig Tr Prof Zabol.* 1977 ; 5 : 17-20.
- 60 | Lauwerys R, Haufroid V, Hoet P, Lison D - Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Elsevier Masson, 2007, 5e ed : 309-363.
- 61 | Rowland AS, Baird DD, Weinberg CR, Shore DL, Shy CM, Wilcox AJ - The effect of occupational exposure to mercury vapour on the fertility of female dental assistants. *Occup Environ Med.* 1994 ; 51(1) : 28-34.
- 62 | Testud F - Mercure in : Toxicologie médicale professionnelle et environnementale. Ed Eska, 2012 : 273-283.
- 63 | Yang JM, Chen QY, Jiang XZ - Effects of metallic mercury on the perimenstrual symptoms and menstrual outcomes of exposed workers. *Am J Ind Med.* 2002 ; 42(5) : 403-409.
- 64 | Base de données Biotox. INRS MAJ mai 2013. Consultable sur le site www.inrs.fr².
- 65 | Cuves et réservoirs - Recommandations CNAMTS R 435 ; 2008
- ²<http://www.inrs.fr>

Auteurs

M. Farcy, D. Jargot, B. La Rocca, F. Pillière, S. Robert, P Serre, A. Simonnard

Historique des révisions

HISTORIQUE DES RÉVISIONS DE LA FICHE TOXICOLOGIQUE	
1 ^{re} édition	1989
2 ^e édition (mise à jour partielle) • Réglementation	1997
3 ^e édition (mise à jour complète)	2014