Trihydrure d'arsenic

Fiche toxicologique n°53

Fiche

Généralités

Edition Janvier 2022

Formule :

AsH_3

Substance(s)

Nom	Détails	
Trihydrure d'arsenic	Numéro CAS	**7784-42-1**
	Numéro CE	**232-066-3**
	Numéro index	**033-006-00-7**
	Synonymes	**Arsine, Hydrogène arsenié**
	Famille chimique	**Métalloïdes**

Etiquette

Trihydrure d'arsenic

Danger

- H220 - Gaz extrêmement inflammable
- H280 - Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H281 - Contient un gaz réfrigéré ; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques
- H330 - Mortel par inhalation
- H373 - Risque présumé 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 réglement CE n° 1272/2008.
232-066-3

Selon l'annexe VI du règlement CLP

ATTENTION

Pour le choix des mentions de danger H280 ou H281, *lorsque les gaz sont mis sur le marché, ils doivent être classés comme « gaz sous pression » dans l'un des groupes suivants : « gaz comprimé », « gaz liquéfié », « gaz liquéfié réfrigéré » ou « gaz dissous ». L'affectation dans un groupe dépend de l'état physique dans lequel le gaz est conditionné et, par conséquent, doit s'effectuer au cas par cas.*

Pour les mentions de danger H280, H281, H330 et H373, se reporter à la section "Réglementation".

Caractéristiques

Utilisations

[1, 2]

Le trihydrure d'arsenic est utilisé en électronique pour le dopage des semi-conducteurs, pour la fabrication de certains colorants pour verre et en synthèse organique.

Sources d'exposition

De très nombreuses opérations industrielles sont susceptibles de dégager du trihydrure d'arsenic.

Les principales circonstances de dégagement accidentel se rencontrent dans la métallurgie : traitement de minerais arsenicaux ou de minerais ayant de l'arsenic comme impureté (zinc surtout mais aussi cuivre, étain, plomb et cobalt), décapage acide de zinc, cuivre, étain ou plomb, fonderies de métaux ferreux (raffinage de la fonte, nettoyage des poches de désulfurisation), fonderies d'étain (mouillage de scories contenant de l'arséniure d'aluminium) et de zinc (nettoyage des chambres de liquation), électrolyse... Des accidents ont également été rapportés lors du détartrage acide de chaudières ainsi que dans le « bronzage d'art » (traitement des pièces métalliques, assiettes ou meubles par des solutions acides contenant de l'arsenic) et la restauration de peintures contenant des pigments arsenicaux.

Propriétés physiques

[1 à 6]

A température ambiante, le trihydrure d'arsenic est un gaz incolore, plus lourd que l'air.

Inodore à l'état naissant, le produit prend (par oxydation à l'air) une odeur désagréable d'ail, détectable dès 0,5 ppm (0,26 à 0,62 ppm selon certaines sources).

Le trihydrure d'arsenic est soluble dans l'eau, à raison de 200 mL pour 1 litre d'eau, et dans de nombreux solvants organiques.

Nom Substance	Détails	
Trihydrure d'arsenic	N° CAS	**7784-42-1**
	Etat Physique	**Gaz**
	Masse molaire	**77,95**
	Point de fusion	**-117 °C**
	Point d'ébullition	**-62,5 °C**
	Densité gaz / vapeur	**2,7**
	Point critique	**100 °C**
	Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)	**Limite inférieure : 4,5 à 5,8 %** **Limite supérieure : 64 à 78 %**

À 25 °C et 101 kPa, 1 ppm = 3,2 mg/m ^{3}.

Propriétés chimiques

[7, 8]

Le trihydrure d'arsenic est un corps relativement stable. Sa dissociation en hydrogène et arsenic, qui commence très lentement dès la température ambiante, ne se manifeste d'une façon sensible que vers 230 °C.

L'action simultanée de l'humidité et de la lumière ou la présence de certains catalyseurs, notamment l'alumine, favorise la décomposition du produit.

Il peut réagir vivement avec les oxydants forts (eau de brome, eau de Javel, acide nitrique, permanganate de potassium...). Les réactions avec le fluor, le chlore, le trichlorure d'azote sont dangereuses et peuvent aller jusqu'à l'explosion.

Le trihydrure d'arsenic n'est pas corrosif pour les métaux usuels (acier, acier inoxydable) sauf pour l'aluminium.

VLEP et mesurages

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

[9 à 11]

Des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) dans l'air des lieux de travail ont été établies pour le trihydrure d'arsenic.

Substance	Pays	VME (ppm)	VME (mg/m³)	VLCT (ppm)	VLCT (mg/m³)
Trihydrure d'arsenic	France (circulaire - 1983)	0,05	0,2	0,2	0,8
Arsine	Etats-unis (ACGIH - 2007)	0,005	0,01		

Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle

[12, 13]

- Prélèvement de l'arsine à l'aide d'un tube rempli de deux plages de charbon actif (ou d'un dispositif associant le tube de charbon actif à une membrane en esters de cellulose, pour la collecte de l'arsenic particulaire) ; désorption aux ultrasons à l'aide d'acide nitrique dilué ; dosage par spectrométrie d'absorption atomique four graphite avec atomisation électrothermique (SAA-AET). [12]
- Prélèvement de l'arsine à l'aide d'une cassette de 37 mm contenant 1 ou 2 filtres en fibre de quartz imprégnés de carbonate de sodium et glycérol (prévus pour retenir les composés particulaires d'arsenic et le trioxyde d'arsenic) + deux filtres en fibre de quartz imprégnés de nitrate d'argent pour retenir l'arsine gazeux ; mise en solution acide (minéralisation et extraction) ; dosage par spectrométrie d'émission atomique avec plasma à couplage inductif (ICP/AES). [13]

Incendie - Explosion

[7, 8]

Le trihydrure d'arsenic est un gaz extrêmement inflammable qui peut former des mélanges explosifs avec l'air dans des limites larges d'environ 5 à 70 % en volume.

En cas d'incendie :

- En cas de fuite enflammée de trihydrure d'arsenic, fermer l'arrivée du gaz si l'accès au robinet peut se faire sans risque.
- Si la fuite ne peut être arrêtée, laisser brûler en refroidissant les bouteilles et les installations voisines exposées au feu à l'aide d'eau pulvérisée.
- Si des bouteilles de trihydrure d'arsenic sont exposées à un incendie (sans que le trihydrure d'arsenic ne brûle lui-même), refroidir les contenants à l'aide d'eau pulvérisée depuis une zone protégée.

L'eau sera utilisée sous forme de brouillard pour refroidir les récipients exposés ou ayant été exposés au feu.

En raison de la très grande toxicité du trihydrure d'arsenic, faire évacuer immédiatement les locaux et ne laisser intervenir que des personnes qualifiées et équipées d'appareils de protection respiratoire isolants autonomes et de combinaisons de protection adaptées.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

[14]

Le trihydrure d'arsenic est un gaz bien absorbé par voie respiratoire, il se fixe essentiellement à l'hémoglobine pour être ensuite distribué dans l'organisme. Il est métabolisé au niveau hépatique puis éliminé dans les urines.

Chez l'animal

Absorption

L'absorption pulmonaire chez la souris est de 64 %, pour des concentrations atmosphériques comprises entre 0,025 et 2,5 mg/L, pendant 1 à 24 heures [15].

Distribution

Comme chez l'homme, le trihydrure d'arsenic pénètre rapidement dans les globules rouges. Chez le lapin, après absorption de ^{74}As-trihydrure d'arsenic, les plus fortes concentrations sont mesurées dans le sang, le foie, les poumons et les reins.

Métabolisme

Chez le rat, après exposition par inhalation, le trihydrure d'arsenic est métabolisé en arsenic(3+), arsenic pentavalent, acides monométhylarsonique (MMA ^{V}) et diméthylarsinique (DMA ^{V}) ; l'arsénobétaïne est un composé organo-arsénié présent en quantités négligeables (exposition pendant 1 heure de 4 à 80 mg/m ^{3} d'arsine) [16].

Elimination

L'élimination est principalement urinaire, 55 % de l'arsenic étant excrété en 24 heures (souris exposées par inhalation à 180 mg/m ^{3} pendant 20 min).

Chez l'homme

- **Absorption :**

Le trihydrure d'arsenic est absorbé principalement par inhalation et pénètre par diffusion passive au niveau des poumons.

- **Distribution**

Dans le sang, il pénètre dans les globules rouges et se fixe sur l'hémoglobine. Les plus grandes quantités d'arsenic sont ensuite retrouvées au niveau du foie, des reins et de la rate, et dans une moindre mesure au niveau du cerveau.

- **Métabolisme**

Dans les globules rouges, l'arsenic(3-) est transformé en présence d'oxygène en arsenic(3+) et en partie, en arsenic pentavalent. Ces deux formes sont transportées dans le foie, où une partie est méthylée, une ou plusieurs fois, par des méthyltransférases en présence de S-adénosyl méthionine.

- **Elimination**

Chez l'homme, l'élimination urinaire a lieu dans les cinq premiers jours suivant l'exposition. Suite à une intoxication aiguë par inhalation, le trihydrure d'arsenic est excrété sous forme de cinq métabolites : l'acide monométhylarsonique (39 %), l'acide diméthylarsinique (32 %), l'arsenic(3+) (19,5 %), l'arsénobétaïne (7,3 %) et l'arsenic pentavalent (2,2 %) [17].

L'arsenic total est excrété dans l'urine avec une clairance de 7,8 mL/h/kg et suit un modèle à 3 compartiments : demi-vie de la phase de distribution de 28h, demi-vie d'élimination pour le compartiment intermédiaire de 59h et demi-vie d'élimination pour le compartiment profond de 9 jours (modèle triphasique).

L'élimination de l'arsenic trivalent suit une exponentielle décroissante : le premier jour, 54 % de l'arsenic total retrouvé dans les urines est sous forme As3+, puis ce pourcentage chute très rapidement. La forme pentavalente ne dépasse jamais 6 % de l'arsenic urinaire total et n'est plus détectée après 10 jours.

Deux étapes de méthylation se produisent successivement : l'acide monométhylarsonique est observé dès le premier jour et persiste à un taux élevé pendant plusieurs jours alors que l'élimination de l'acide diméthylarsinique augmente progressivement et atteint son maximum après 5 jours. L'excrétion d'arsénobétaïne semble indépendante de l'excrétion des autres formes ; ce métabolite pourrait provenir de la nourriture et, peut-être, d'une triméthylation de l'arsenic(3+) **[17]**.

Mode d'action

Le mécanisme d'action du trihydrure d'arsenic, bien que non encore élucidé, impliquerait un effet sur le glutathion. *In vitro*, la concentration en glutathion réduit, diminue dans les érythrocytes pendant une incubation avec du trihydrure d'arsenic ; le responsable probable serait un métabolite oxydé du trihydrure d'arsenic. La présence du glutathion réduit est essentielle pour le maintien de l'hémoglobine et des groupements SH dans les protéines membranaires ; sa disparition provoque une dégradation de l'hémoglobine. Des agrégats d'hémoglobine précipités se fixent sur la surface interne de la membrane des érythrocytes en formant les corps de Heinz. La présence de ces corps et l'oxydation des groupements SH membranaires augmentent la fragilité de la membrane cellulaire et prédisposent la cellule à la fragmentation. Les effets hématologiques observés chez les animaux étayent cette hypothèse **[14, 18]**.

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

[14]

Les graves effets du trihydrure d'arsenic sont caractérisés par une hémolyse importante suivie de complications rénales.

La CL50 pour une exposition de 10 minutes est de 390 mg/m ^{3} chez le rat, 250 mg/m ^{3} chez la souris et le singe, et 650 mg/m ^{3} chez le lapin.

L'effet majeur du trihydrure d'arsenic, dû principalement à sa fixation à l'hémoglobine, est une anémie hémolytique avec induction de lésions rénales. La réponse hémolytique est fonction de la concentration : au-delà de 5 ppm (20 mg/m ^{3}) pendant 1 heure, elle se traduit par une baisse du nombre de globules rouges et de l'hématocrite.

Irritation, sensibilisation : aucune donnée n'est disponible.

Toxicité subchronique, chronique

[14]

L'exposition prolongée provoque une anémie hémolytique régénérative et des altérations des cellules immunocompétentes au niveau splénique.

Une exposition prolongée au trihydrure d'arsenic par inhalation induit principalement une anémie hémolytique régénérative et des effets immunologiques spléniques.

Les résultats sont semblables chez le rat (0,5 à 5 ppm, 6 h/j, 5 j/sem, 14 ou 28 j ou 0,025 à 2,5 ppm, 6 h/j, 5 j/sem, 90 j), la souris (0,5 à 5 ppm, 6 h/j, 14 j ou 0,025 à 2,5 ppm, 6 h/j, 5 j/sem, 90 j) et le hamster (0,5 à 5 ppm, 6 h/j, 5 j/sem, 28 j). Il n'y a pas d'action sur la cavité nasale ou le tractus respiratoire inférieur. Des modifications sont notées dans la rate (splénomégalie avec hémosidérose et augmentation de l'hématopoïèse extramédullaire), le foie (chez la souris, augmentation du poids relatif et stase biliaire) et la moelle osseuse (chez le rat, hyperplasie médullaire à forte concentration). Il n'y a pas d'effet clinique mais des effets hématologiques sont observés. Ils sont identiques dans les 3 espèces, quelle que soit la durée de l'exposition : baisse significative du nombre d'érythrocytes, de la concentration en hémoglobine et de l'hématocrite, augmentation du volume globulaire moyen et du taux moyen d'hémoglobine globulaire, réticulocytose, anisocytose, poïkilocytose, fragments cellulaires et cellules fantômes (ou cellules sans noyau), leucocytose, augmentation du nombre de plaquettes.

Une augmentation de l'activité ALA-déshydrogénase, en liaison avec l'augmentation du nombre d'érythrocytes immatures, conforte l'hypothèse de l'existence d'une réponse compensatoire régénératrice. La dose sans effet hématologique observé est fixée chez le rat et la souris à 0,08 mg/m ^{3} pendant 90 jours **[19]**.

L'atteinte de la rate se manifeste également par une altération des populations cellulaires. La baisse de certains paramètres de résistance naturelle (baisse du nombre de cellules T spléniques, de lymphocytes NK et de la fonction cytotoxique des lymphocytes T) suggère que le trihydrure d'arsenic provoque une immunosuppression ; en dépit de ces modifications, la réponse à l'infection virale ou aux cellules tumorales n'est pas modifiée. La dose sans effet immunotoxique observé est fixée chez la souris à 0,5 ppm (env. 1,6 mg/m ^{3}, 14 j) **[18, 19]**.

Effets génotoxiques

[20]

Aucune donnée n'est disponible concernant les effets génotoxiques du trihydrure d'arsenic.

In vitro, la majorité des tests de mutation génique sur bactéries, réalisés avec les composés inorganiques de l'arsenic, donne des résultats négatifs contrairement aux tests réalisés sur cellules de mammifères qui mettent en évidence des aberrations chromosomiques, des échanges de chromatides sœurs, ou des micronoyaux.

In vivo, les composés trivalents et pentavalents de l'arsenic sont clastogènes par inhalation et par voie orale.

Effets cancérogènes

[21]

Aucune donnée n'est disponible concernant la cancérogénicité du trihydrure d'arsenic chez l'animal.

Même si aucune étude n'a été menée spécifiquement sur le trihydrure d'arsenic, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a déterminé que l'arsenic et les composés inorganiques de l'arsenic sont cancérogènes pour l'homme (groupe 1) sur la base des données humaines et animales, des informations sur les métabolites, des caractéristiques physico-chimiques et du mode d'action de la cancérogénicité. Le CIRC a estimé que les différents composés de l'arsenic partagent la même voie métabolique : arséniate – arsénite – méthylarsonate - diméthylarsénite.

Par conséquent, le CIRC a conclu que, indépendamment des mécanismes de cancérogénicité, et indépendamment du métabolite considéré comme cancérogène ultime, les différentes espèces d'arsenic inorganique doivent être considérées comme cancérigènes.

Effets sur la reproduction

[22]

Aucune donnée n'est disponible concernant les effets sur la fertilité. Dans une étude, le trihydrure d'arsenic n'a pas provoqué d'effet sur le développement malgré une toxicité maternelle.

Une seule étude a été effectuée avec le trihydrure d'arsenic par inhalation (souris et rat, de 0,025 à 2,5 ppm, 6 h/j du 6 e au 15 e jour de gestation). La toxicité maternelle apparaît à la plus forte concentration testée (splénomégalie et modifications hématologiques) ; aucun effet sur le développement n'est noté, seule une augmentation du poids fœtal (à la concentration de 2,5 ppm) et de la quantité d'arsenic dans le sang maternel et le foie fœtal est observée. La dose sans effet toxique observé est de 0,5 ppm pour les mères et 2,5 ppm pour le fœtus.

Toxicité sur l'Homme

L'exposition à de fortes concentrations est rapidement mortelle par hémolyse aiguë et ses complications rénale, hépatique, neurologique ou pulmonaire. Des séquelles neurologiques sont possibles. Les expositions répétées ne sont pas documentées et pourraient se traduire par une altération de l'état général et une atteinte hématologique et hépatique. Il n'y a pas de donnée sur d'éventuels effets génotoxiques, cancérogènes ou sur la reproduction de cette substance.

Toxicité aiguë

[23 à 26]

Le trihydrure d'arsenic est un gaz extrêmement toxique, à l'origine d'intoxications mortelles. Il agit en se liant à l'hémoglobine et entraîne une lyse des globules rouges, une hémolyse intravasculaire et une anémie.

Plusieurs cas d'intoxications aiguës accidentelles (certains mortels) par le trihydrure d'arsenic, secondaires à une inhalation ou une contamination cutanée ont été rapportés.

La toxicité du trihydrure d'arsenic est principalement hématologique et rénale, mais aussi hépatique, neurologique et pulmonaire.

Les premiers symptômes peuvent apparaître avec une latence de plusieurs heures ; les symptômes et la latence varient en fonction de l'intensité de l'exposition. Une exposition à 250 ppm est rapidement fatale ; une exposition autour de 25 à 30 ppm pendant 30 minutes est fatale ainsi qu'à 10 ppm pendant une durée supérieure. Dès 0,5 ppm peuvent apparaître des symptômes non spécifiques.

Dans les formes légères, liées à des expositions prolongées à de faibles concentrations, peuvent s'associer asthénie, céphalées, faiblesse musculaire ou courbatures, urines « porto », nausées, odeur alliacée de l'haleine.

Dans les formes aiguës marquées, outre les céphalées, vertiges et frissons apparaissent des signes digestifs tels que nausées, vomissements, douleurs abdominales et musculaires. Les atteintes hématologiques avec anémie hémolytique (effondrement de l'haptoglobine, élévation de la bilirubine non conjuguée, hémoglobinurie) font toute la gravité du tableau. Une atteinte rénale, témoin également de la gravité de l'intoxication, peut compléter le tableau ; elle associe à des degrés divers hémoglobinurie et urines rouges, insuffisance rénale aiguë par néphropathie tubulo-intersticielle (avec oligurie puis anurie), voire nécrose tubulaire aiguë (urines porto) ; cette atteinte rénale est liée à un effet toxique direct du trihydrure d'arsenic, ou à la précipitation intratubulaire de débris cellulaires, ou enfin à l'hypoxie. Peut également apparaître une atteinte hépatique vers le 2 e ou 3 e jour, avec élévation modérée des transaminases rapidement réversible ; une atteinte plus sévère à type d'hépatite mixte à prédominance cytolytique peut apparaître 2 à 3 semaines après l'intoxication **[26]**. Des atteintes cardiovasculaires avec anomalies à l'électrocardiogramme (troubles de la conduction, grandes ondes T) et pulmonaires (œdème pulmonaire transitoire) peuvent également survenir.

Des séquelles à type de neuropathies périphériques ou d'insuffisance rénale chronique sont parfois retrouvées.

Dans les formes suraiguës, la mort survient par défaillance cardiaque (collapsus, asystolie liée à l'hyperkaliémie) et par anurie.

Les concentrations sanguines d'arsenic permettent d'apprécier l'intensité de l'exposition ; les concentrations urinaires ne pourront être mesurées qu'en l'absence d'insuffisance rénale.

Toxicité chronique

[23, 27]

Les effets du trihydrure d'arsenic lors d'expositions répétées chez l'homme ont très rarement été décrits.

Un homme jeune exposé de façon chronique à des vapeurs de trihydrure d'arsenic a présenté des symptômes à type de nausées, céphalées, malaise, faiblesse musculaire et paresthésies des extrémités, ainsi qu'une atteinte hépatique et hématologique (leucocytopénie), régressifs après traitement chélateur. Les concentrations d'arsenic urinaires étaient élevées. Cet homme travaillait au poste de nettoyage de cuves en aluminium ayant contenu des herbicides arsenicaux, cuves qu'il immergeait dans des bains de détergents chauffés ; les symptômes sont apparus peu après l'introduction d'un nouveau détergent acide ; après analyse, ces bains pouvaient contenir jusqu'à 44 ppm d'arsenic et en milieu acide, étaient susceptibles d'émettre des vapeurs de trihydrure d'arsenic dans l'air. Une intoxication chronique mixte à l'arsenic et au trihydrure d'arsenic est dans ce cas fort probable.

Effets cancérogènes

Il n'y a pas d'étude épidémiologique humaine concernant la cancérogénicité du trihydrure d'arsenic.

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : Janvier 2022

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*).

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.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Circulaire du 21 mars 1983 modifiant la circulaire du ministère du Travail du 19 juillet 1982 (non parues au *JO*).

Prévention des incendies et des explosions

- Articles R. 4227-1 à R. 4227-41 du Code du travail.
- Articles R. 4227- 42 à R. 4227-57 du Code du travail.
- Articles. R. 557-1-1 à R. 557-5-5 et R. 557-7-1 à R. 557-7-9 du Code de l'environnement (produits et équipements à risques).

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).

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° 21

Suivi Individuel Renforcé (SIR)

- Article R. 4624-23 du Code du travail (modifié par le décret n°2016-1908 du 27 décembre 2016).

Visite médicale des travailleurs avant leur départ en retraite

- Article L. 4624-2-1 du Code du travail.

Surveillance médicale post-professionnelle

- Article D. 461-25 du Code de la sécurité sociale.
- Arrêté du 28 février 1995 (*JO* du 22 mars 1995) fixant le modèle-type d'attestation d'exposition et les modalités d'examen dans le cas du suivi post professionnel : annexe 1 et annexe 2 modifiée par l'arrêté du 6 décembre 2011 (*JO* du 15 décembre 2011).

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.

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.

Prévention des intoxications par le trihydrure d'arsenic

- Arrêté du 20 décembre 1950 fixant les termes de l'avis indiquant les sources et les dangers de l'intoxication par le trihydrure d'arsenic et les moyens de prévenir cette intoxication.
- Circulaire TR 6-51 du 21/03/51 concernant la prévention des intoxications par l'hydrogène arsénié.

Classification et étiquetage

a) ***substance*** trihydrure d'arsenic :

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (*JOU E* 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 de la substance trihydrure d'arsenic figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. La classification est :

- Gaz inflammables, catégorie 1 ; H220
- Gaz sous pression (comprimés, liquéfiés ou dissous) ; H280 (note U)
- Gaz sous pression (gaz liquéfiés réfrigérés) ; H281 (note U)
- Toxicité aiguë (par inhalation), catégories 2 (*) ; H330
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles – Exposition répétée, catégorie 2 (*) ; H373 (**)
- Dangers pour le milieu aquatique – Danger aigu, catégorie 1 ; H400
- Dangers pour le milieu aquatique – Danger chronique, catégorie 1 ; H410

(note U) : pour les mentions de danger H280 ou H281, lorsque les gaz sont mis sur le marché, ils doivent être classés comme "gaz sous pression" dans l'un des groupes suivants : "gaz comprimé", "gaz liquéfié" ou "gaz dissous". L'affectation dans un groupe dépend de l'état physique dans lequel le gaz est conditionné et, par conséquent, doit s'effectuer au cas par cas. Le fabricant choisira alors l'une ou l'autre de ces mentions.

(*) Cette classification est considérée comme une classification minimum ; 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".

b) ***mélanges*** contenant du trihydrure d'arsenic :

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié

Interdiction / Limitations d'emploi

Substances faisant l'objet d'une restriction/limitation d'emploi au titre de l'Annexe XVII de Reach :

- 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 19 : les composés de l'arsenic ne peuvent être mis sur le marché, ni utilisés en tant que substances ou dans des mélanges destinés à être utilisés : pour empêcher la salissure sur les coques de bateaux, flotteurs, filets ..., pour le traitement des eaux industrielles et pour la protection du bois).

Protection de la population

- Article L. 1342-2 du Code de la santé publique en application du règlement CE/1272/2008 (CLP) :
  - détention dans des conditions déterminées (art. R. 1342-21) ;
  - étiquetage (cf. n°§ Classif & étiquetage) ;
  - cession réglementée (art. R 5132-58 et 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 autres 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

En raison de la très grande toxicité et des risques d'inflammation et d'explosion du trihydrure d'arsenic, des meures très strictes de prévention et de protection s'imposent lors de son stockage et de sa manipulation.

Au point de vue technique

Information et formation des travailleurs

- **Instruire le personnel** des risques présentés par la substance, des précautions à observer, des mesures d'hygiène à mettre en place ainsi que des mesures d'urgence à prendre en cas d'accident.
- **Former les opérateurs** à la manipulation des moyens d'extinction (extincteurs, robinet d'incendie armé...).
- **Former les opérateurs** au risque lié aux atmosphères explosives (risque ATEX) **[28]**.
- Ne pas **fumer**, **vapoter**, **boire** ou **manger** sur les lieux de travail.

Manipulation

- Interdire l'accès des zones où existe un risque d'exposition aux personnes non autorisées. **Ne jamais travailler seul** avec du trihydrure d'arsenic. Une autre personne au moins, entraînée pour les secours, devra être présente.
- **Contrôler** en continu la teneur de l'atmosphère en trihydrure d'arsenic. Ne pas se fier à l'odeur caractéristique d'ail car ce gaz n'a pas d'odeur à l'état naissant.
- **Réduire** le nombre de contenants (bouteilles notamment) au minimum nécessaire permettant d'assurer le bon fonctionnement du poste de travail.
- Le **flexible** utilisé pour raccorder le contenant doit être adapté au trihydrure d'arsenic, à la pression et comporter des câbles de retenues correctement fixés. Utiliser des équipements dont les matériaux sont compatibles et résistants au trihydrure d'arsenic.
- Assurer une **bonne ventilation des locaux** de manière à maintenir la teneur en trihydrure d'arsenic dans l'atmosphère inférieure à **4500 ppm** (c'est-à-dire inférieure à 10 % de la limite inférieure d'explosivité). Ne pas travailler dans des locaux exigus et/ou mal aérés.
- Manipuler les contenants avec soin pour prévenir les chocs.
- Utiliser les **bouteilles debout et attachées** afin d'éviter leur chute.
- Lors des déplacements de contenants, privilégier un **dispositif de transport approprié** (type chariot porte-bouteille) muni d'un système d'attache. Le robinet doit être fermé et surmonté de son chapeau de protection s'il existe.

- **Protéger** les contenants du soleil et des sources de chaleur.
- Ne jamais transvaser le trihydrure d'arsenic d'un contenant à un autre.
- Fermer le robinet du contenant à chaque arrêt prolongé du poste (un flexible n'est pas conçu pour rester de manière prolongée sous pression).
- **Prévenir toute inhalation** de trihydrure d'arsenic. Effectuer en **système clos** toute opération industrielle qui s'y prête. Dans tous les cas, prévoir une **aspiration** du gaz à la source d'émission, ainsi qu'une **ventilation** des lieux de travail conformément à la réglementation en vigueur [29].
- Evaluer **régulièrement** l'exposition des salariés au trihydrure d'arsenic présent dans l'air (§ Méthodes de détection et de détermination dans l'air).
- Les équipements et installations conducteurs d'électricité utilisant ou étant à proximité de la substance trihydrure d'arsenic doivent posséder des **liaisons équipotentielles** et être **mis à la terre**, afin d'évacuer toute accumulation de charges électrostatiques pouvant générer une source d'inflammation sous forme d'étincelles [30].
- Les opérations génératrices de sources d'inflammation (travaux par point chaud type soudage, découpage, meulage...) réalisées à proximité ou sur les équipements utilisant ou contenant du trihydrure d'arsenic doivent faire l'objet d'un **permis de feu** [31].
- Au besoin, les espaces dans lesquels la substance est stockée et/ou manipulée doivent faire l'objet d'une **signalisation** [32].
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du trihydrure d'arsenic sans prendre les précautions d'usage [33].

La plupart des mesures préconisées ci-dessus sont applicables aux opérations où le trihydrure d'arsenic est susceptible de se dégager de façon inattendue. Ces opérations devront être réalisées uniquement par du personnel bien informé, respectant scrupuleusement les mesures de prévention et en particulier la présence de deux travailleurs au moins sur le lieu de travail et le maintien, à proximité immédiate, d'un appareil de protection respiratoire pour chaque opérateur.

Équipements de Protection Individuelle (EPI)

Leur choix dépend des conditions de travail et de l'évaluation des risques professionnels.

Les EPI ne doivent pas être source d' **électricité statique** (chaussures antistatiques, vêtements de protection et de travail dissipateurs de charges) [34, 35].

- Appareils de protection respiratoire : Si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type B lors de la manipulation de la substance [36]. Pour des interventions d'urgence, le port d'un appareil respiratoire autonome isolant est nécessaire.
- Gants : La rubrique 8 « Contrôles de l'exposition / protection individuelle » de la FDS peut renseigner quant à la nature des matériaux pouvant être utilisés pour la manipulation de cette substance.
- Vêtements de protection : Quand leur utilisation est nécessaire (en complément du vêtement de travail), leur choix dépend de **l'état physique** de la substance. **Seul le fabricant du vêtement** peut confirmer la protection effective d'un vêtement contre les dangers présentés par la substance. Dans le cas de vêtements réutilisables, il convient de **se conformer strictement à la notice du fabricant** [37].
- Lunettes de sécurité : La rubrique 8 « Contrôles de l'exposition / protection individuelle » de la FDS peut renseigner quant à la nature des protections oculaires pouvant être utilisées lors de la manipulation de la substance [38].

Stockage

- Stocker les contenants (bouteilles...) de trihydrure d'arsenic **debout** et **attachés**, **à l'air libre** ou dans des locaux spéciaux frais (température de stockage inférieure à 50 °C), bien **ventilés**, construits en matériau incombustible. Tenir à l'écart de la chaleur, des surfaces chaudes, de toute source d'inflammation (étincelle, flamme nue, rayonnement solaire...). Dans tous les cas, il conviendra de se conformer aux préconisations du fabricant.
- Ne pas entreposer avec des matières oxydantes, des substances comburantes ou tout produit chimique dangereux.
- La zone de stockage sera balisée par une signalisation rappelant la nature du produit stocké et des risques qu'il présente. Seul le personnel autorisé et informé pourra y pénétrer. Il conviendra de limiter autant que possible les quantités stockées.
- Une procédure de réception des bouteilles sera établie et suivie à chaque nouvel arrivage (vérification de l'étanchéité des récipients, de l'étiquetage, de l'indication de la date de remplissage, de la concentration du produit...). Arrimer individuellement chaque bouteille.
- Le stockage du trihydrure d'arsenic s'effectue habituellement sous forme de gaz liquéfié ; l'ogive de la bouteille est de couleur jaune [39]. Dans tous les cas, il convient de s'assurer, auprès du fournisseur de la substance ou du matériau de stockage, de la bonne **compatibilité** entre le matériau envisagé et la substance stockée.
- Les contenants vides doivent être identifiés et stockés séparément. Ils doivent être évacués régulièrement par le fournisseur.
- **Fermer soigneusement** les contenants et ne pas laisser les flexibles sous pression. Surmonter le robinet de son chapeau de protection s'il existe.
- Mettre le matériel **électrique** et **non-électrique**, y compris l' **éclairage** et la **ventilation**, en conformité avec la réglementation concernant les atmosphères explosives.
- Mettre à disposition dans ou à proximité immédiate du local/zone de stockage des moyens d'extinction adaptés à l'ensemble des produits stockés.
- Pour éviter un échauffement, en cas d'incendie par exemple, il conviendra de prévoir soit un système de refroidissement à eau, soit un dispositif de manutention rapide des récipients.
- Des appareils de protection respiratoire isolants autonomes pour intervention d'urgence seront disponibles à proximité des locaux ; le personnel sera formé au port de ces appareils.

Déchets

- Le stockage des déchets doit suivre les mêmes règles que le stockage des substances à leur arrivée (§ stockage).
- Éliminer le trihydrure d'arsenic en l'introduisant **lentement** dans une solution aqueuse contenant une quantité adéquate d'hypochlorite de sodium ou de calcium, ou de permanganate de potassium.
- Eviter les rejets de trihydrure d'arsenic dans l'environnement.
- Dans tous les cas, traiter les déchets, résidus ou bouteilles endommagées dans les conditions autorisées par la réglementation (incinération sous contrôle rigoureux ou évacuation vers un site spécialisé).

En cas d'urgence

- En cas de **fuite non enflammée**, fermer l'arrivée du gaz. Si la fuite ne peut être stoppée, faire évacuer immédiatement les locaux, interdire l'approche pour éviter tout risque d'intoxication et d'inflammation (voiture, matériel électrique, feu nu...) et ne laisser intervenir que des personnes spécialement entraînées et munies d'équipements de protection appropriés. Éventuellement, abattre le gaz à l'aide d'un brouillard d'eau. Dans tous les cas, aérer la zone et éviter la formation de sources d'inflammation. Si la fuite provient d'une bouteille, essayer de la déplacer à l'air libre en portant une protection adaptée.
- En cas de **fuite enflammée**, fermer l'arrivée du gaz si l'accès au robinet peut se faire sans risque ; si la fuite ne peut être stoppée, laisser brûler en refroidissant les bouteilles et les installations voisines exposées au feu à l'aide d'eau pulvérisée.

- **Si des bouteilles de trihydrure d'arsenic sont exposées** à un incendie (sans que le trihydrure d'arsenic ne brûle lui-même), refroidir les contenants à l'aide d'eau pulvérisée depuis une zone protégée.
- En cas **d'échauffement apparent d'une bouteille**, ne pas s'en approcher et arroser abondamment la bouteille avec de l'eau pulvérisée depuis une zone protégée.
- Prévoir des moyens de secours appropriés contre l'incendie, à proximité immédiate du dépôt.
- Des appareils de protection respiratoires isolants autonomes sont à prévoir à proximité et à l'extérieur des locaux pour les interventions d'urgence.
- Prévoir l'installation de **fontaines oculaires** et de **douches de sécurité** [40].
- Si ces mesures ne peuvent pas être réalisées sans risque de sur-accident ou si elles ne sont pas suffisantes, contacter les équipes de secours interne ou externe au site.

Au point de vue médical

- Informer les travailleurs qui risquent accidentellement d'être exposés au trihydrure d'arsenic, du danger du produit même à très faible concentration. Les travailleurs seront également informés que les effets sur la santé peuvent apparaître quelques heures après l'inhalation du gaz et que les premiers symptômes peuvent être insidieux.
- **Lors des visites initiale et périodiques** :
  - **Examen clinique** : rechercher plus particulièrement des signes évocateurs d'une atteinte hématologique (anémie, ictère, splénomégalie), rénale (hémoglobinurie détectable à la bandelette urinaire mais nécessitant une confirmation par électrophorèse) ou hépatique (hépatomégalie).
  - **Examens complémentaires** : la fréquence des examens médicaux périodiques et la nécessité ou non d'effectuer des examens complémentaires seront déterminées par le médecin du travail en fonction des données de l'examen clinique et de l'appréciation de l'importance de l'exposition.

Conduites à tenir en cas d'urgence :

L'exposition aiguë au trihydrure d'arsenic peut conduire à une intoxication grave et doit être considérée comme une urgence médicale. Elle justifie l'appel systématique et immédiat du SAMU ou du centre antipoison.

Afin d'assurer l'efficacité de la prise en charge de la victime, un protocole précis d'organisation des secours en cas d'accident doit être établi de façon anticipée, par écrit, par le médecin du travail en collaboration avec les responsables de l'entreprise, le CSE, les secouristes et les organismes extérieurs de secours d'urgence. Ce protocole doit notamment comporter les précautions à prendre pour éviter les accidents en chaine (intoxications des premiers intervenants), les coordonnées des personnes et organismes à contacter en urgence, les modalités des premiers soins à donner aux victimes.

L'information et la formation régulière du personnel aux gestes de première urgence à appliquer lors de ce type d'accidents doit-être organisée. La présence de secouristes formés, entraînés et périodiquement recyclés doit également être prévue dans les ateliers où sont effectués des travaux dangereux.

Le matériel de secours nécessaire doit être placé à proximité des ateliers, en dehors des zones à risque, et doit être vérifié et entretenu régulièrement. Il comprend notamment des appareils de protection individuelle pour les secouristes, des douches pour la décontamination cutanée et oculaire, du matériel de ventilation assistée et surtout d'oxygénothérapie avec masque, dont les modalités d'utilisation seront précisées par le médecin du travail. En cas d'accident, la décision d'administration de l'oxygénothérapie ne sera prise qu'après avis médical, sur la base de la symptomatologie et/ou de la forte présomption d'intoxication et selon l'éloignement des services d'urgence.

- **En cas d'inhalation**, appeler immédiatement un SAMU et faire transférer la victime par ambulance médicalisée en milieu hospitalier dans les plus brefs délais. Transporter la victime en dehors de la zone polluée en prenant les précautions nécessaires pour les sauveteurs. Si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité et mettre en œuvre, s'il y a lieu, des manœuvres de réanimation en évitant de pratiquer la ventilation assistée au bouche à bouche (ventiler au masque). Si la victime est consciente, la maintenir au maximum au repos. Si nécessaire, retirer les vêtements souillés (avec des gants adaptés) et commencer une décontamination cutanée et oculaire (laver immédiatement et abondamment à grande eau pendant au moins 15 minutes).
- **En cas de contact cutané**, appeler immédiatement un SAMU, et faire transférer la victime par ambulance médicalisée en milieu hospitalier dans les plus brefs délais (après une première décontamination sur place). Retirer les vêtements souillés (avec des gants adaptés) et laver la peau immédiatement et abondamment à grande eau pendant au moins 15 minutes.
- **En cas de projection oculaire**, appeler immédiatement un SAMU, rincer immédiatement et abondamment les yeux à l'eau courante pendant au moins 15 minutes, paupières bien écartées ; en cas de port de lentilles de contact, les retirer avant le rinçage. Dans tous les cas consulter un ophtalmologiste aussitôt après une première décontamination sur place, et le cas échéant signaler le port de lentilles.

Bibliographie

1 | Arsine. In : Gestis Substance Database on hazardous substance. IFA (**https://gestis-database.dguv.de/**).

2 | Arsine. In : HSDB. US NLM, 2013 (**https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/**).

3 | Arsine. Fiche IPCS. ICSC 0222.International Labour Organization (ILO), 2018 (**https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.home**).

4 | Arsine. Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards. NIOSH, 1988 (**https://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/**).

5 | Arsine In : CAMEO Chemicals. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (**https://cameochemicals.noaa.gov/**).

6 | Falcy M, Malard S - Comparaison des seuils olfactifs de substances chimiques avec des indicateurs de sécurité utilisé en milieu professionnel. Note documentaire ND 2221. *Hyg Sécur Trav. Cah Notes Doc*. 2005 ; 198 : 7-21 (**https://www.inrs.fr/publications/hst/dans-ce-numero.html**).

7 | Pohanish RP, Greene Sa – Wiley Guide to chemical incompatibilities. Hoboken : Wiley ; 2009 1110 p.

8 | Réactions chimiques dangereuses. Brochure ED 697. INRS (**https://www.inrs.fr**).

9 | Hydrogène arsénié. Liste des VLEP françaises. INRS (**https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil65**).

10 | Les valeurs limites d'exposition professionnelle. Brochure ED 6443. INRS (**https://www.inrs.fr**).

11 | Arsine. In : Guide to Occupational Exposure Values. ACGIH, 2019.

12 | Arsine. Method 6001. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 5th edition. NIOSH, 2015 (**https://www.cdc.gov/niosh/nmam**).

13 | Arsenic-arsine-phosphine-stibine M-134. In : MétroPol. INRS, 2016 (**https://www.inrs.fr/metropol/**).

14 | Arsine. Concise International Chemical Assessment Documents CICADs 47. IPCS Inchem, 2002.

15 | Levvy GA - A study of arsine poisoning. *Quart J Exp Physiol*. 1946 ; 34 : 47–67.

16 | Buchet JP, Apostoli P et Lison D - Arsenobetaine is not a major metabolite of arsine gas in the rat. *Arch Toxicol*, 1998 ; 72 : 706–710.

17 | APOSTOLI P. et coll. - Metabolism of arsenic after acute occupational arsine intoxication. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 1997, 52, 4, pp. 331-342.

18 | Klimecki WT et Carter DE - Arsine toxicity : chemical and mechanistic implications. *J Toxicol Environ Health. 1*995 ; 46(4) : 399-409.

19 | Arsine. Environmental Protection Agency (US EPA), 1994

20 | Arsenic et composés minéraux. Fiche toxicologique n° 192. INRS (**https://www.inrs.fr**).

21 | Arsenic, metals, fibres and dusts. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to Humans. Vol 100C. IARC, 2012.

22 | Morrissey RE, Fowler BA, Harris MW, Moorman MP *et al.* - Arsine : absence of developmental toxicity in rats and mice. *Fund Appl Toxicol.* 1990 ; 15(2) : 350-356.

23 | Arsine - In : Base de données HSDB. Hamilton, Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité, 1999.

24 | MORA V. et coll. - Intoxication aiguë par l'hydrogène arsenié dans une fonderie de métaux ferreux. Archives des Maladies Professionnelles, 1992, 53, 3, pp. 167-173.

25 | CONSO F, BISMUTH C, TOUREAU C. - Intoxication par hydrogène arsenié dans des ateliers de bronzage d'art. Archives des Maladies Professionnelles, 1982, 43, 5, pp. 375392.24.

26 | BENOWITZ N.L. - Cardiotoxicity in the workplace. *Occupational Medicine*, 1992, 7, 3, pp. 465478.

27 | RISK M, FUORTES L. - Chronic arsenicalism suspected from arsine exposure : a case report and litterature review. *Vet. Hum. Toxicol*, 1991, 33, 6, pp. 590-595.

28 | Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX) – Guide méthodologique. Brochure ED 945. INRS (**https://www.inrs.fr**).

29 | Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation ED 695. INRS (**https://www.inrs.fr**).

30 | Phénomènes électrostatiques. Brochure ED 6354. INRS (**https://www.inrs.fr**).

31 | Le permis de feu. Brochure ED 6030. INRS (**https://www.inrs.fr**).

32 | Signalisation de santé et de sécurité au travail - Réglementation. Brochure ED 6293. INRS (**https://www.inrs.fr**).

33 | Cuves et réservoirs. Interventions à l'extérieur ou à l'intérieur des équipements fixes utilisés pour contenir ou véhiculer des produits gazeux, liquides ou solides. Recommandation CNAM R 435. Assurance Maladie, 2008 (**https://www.ameli.fr/val-de-marne/entreprise/tableau_recommandations**).

34 | Vêtements de travail et équipements de protection individuelle – Propriétés antistatiques et critère d'acceptabilité en zone ATEX. Note documentaire ND 2358. INRS (**https://www.inrs.fr**).

35 | EPI et vêtements de travail : mieux comprendre leurs caractéristiques antistatiques pour prévenir les risques d'explosion. Notes techniques NT33. INRS (**https://www.inrs.fr**).

36 | Les appareils de protection respiratoire - Choix et utilisation. Brochure ED 6106. INRS (**https://www.inrs.fr**).

37 | Quels vêtements de protection contre les risques chimiques. Fiche pratique de sécurité ED 127. INRS (**https://www.inrs.fr**).

38 | Les équipements de protection individuelle des yeux et du visage - Choix et utilisation. Brochure ED 798. INRS (**https://www.inrs.fr**).

39 | Les bouteilles de gaz : identification, prévention lors du stockage et de l'utilisation. Brochure ED 6369. INRS (**https://www.inrs.fr**).

40 | Equipements de premiers secours en entreprise : douches de sécurité et lave-œil. Fiche pratique de sécurité ED 151. INRS (**https://www.inrs.fr**).

Historique des révisions

1 ère édition	1967
2 e édition	1982
3 e édition (mise à jour complète)	2000
4 e édition (mise à jour partielle) : ▪ seul le chapitre "Toxicologie humaine" n'a pas été remis à jour	Janvier 2022