

Chlore

Fiche toxicologique n°51

Généralités

Edition _____ Janvier 2023


Formule :

Cl₂

Substance(s)

Nom	Détails
Chlore	Famille chimique Halogènes
	Numéro CAS 7782-50-5
	Numéro CE 231-959-5
	Numéro index 017-001-00-7

Etiquette



CHLORE

Danger

- H270 - Peut provoquer ou aggraver un incendie ; comburant
- H315 - Provoque une irritation cutanée
- H319 - Provoque une sévère irritation des yeux
- H331 - Toxique par inhalation
- H335 - Peut irriter les voies respiratoires
- H400 - Très toxique pour les organismes aquatiques

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.
231-959-5

Selon l'annexe VI du règlement CLP

ATTENTION : pour la mention de danger H331, se reporter à la section "Réglementation".

Caractéristiques

Utilisations

Le chlore est utilisé en tant que :

- matière première pour la synthèse de nombreux composés organiques et minéraux,

- agent de blanchiment en papeterie,
- agent de désinfection et de stérilisation (traitement des eaux).

Le chlore est également susceptible de se dégager lors d'opérations industrielles telles que l'oxydation du chlorure d'hydrogène ou la pyrolyse de composés chlorés.

Propriétés physiques

[1 à 7]

À température ambiante et pression atmosphérique, le chlore est un gaz de couleur jaune verdâtre, plus lourd que l'air, d'odeur piquante et suffocante, perceptible à moins de 1 ppm. Il est vendu liquéfié sous sa propre pression de vapeur saturante.

Le chlore est faiblement soluble dans l'eau (0,7 g/100 mL à 20 °C).

Le point triple du chlore est de -101 °C à 1,4 kPa.

La masse volumique du liquide est de 1,405 g/cm³ à 20 °C et 569 kPa (pression saturante).

Nom Substance	Détails
Chlore	N° CAS 7782-50-5
	Etat Physique Gaz
	Masse molaire 70,91
	Point de fusion -101 °C
	Point d'ébullition -34 °C
	Densité gaz / vapeur 2,49
	Pression de vapeur 569 kPa à 20 °C 1 340 kPa à 50 °C
	Point critique 144 °C à 7 710 kPa

À 25°C et 101 kPa, 1 ppm = 2,95 mg/m³

Propriétés chimiques

[1 à 7]

Le chlore est un produit oxydant très réactif. Il réagit avec l'eau ou en présence d'humidité, avec formation des acides chlorhydrique et hypochloreux.

Les mélanges de chlore avec l'hydrogène, l'acétylène, l'éthane, l'éthylène et l'ammoniac peuvent exploser sous l'action d'une étincelle, de la lumière ou de certains catalyseurs.

Le produit réagit violemment (jusqu'à l'inflammation et l'explosion) avec de nombreux composés organiques, ainsi qu'avec le phosphore, l'arsenic, l'antimoine et les métaux finement divisés.

Il existe également un risque d'inflammation violente lorsqu'il est en contact avec les graisses, les huiles et les silicones.

À température inférieure à 120 °C, le chlore anhydre n'agit pas sur les métaux et les alliages courants (il attaque en revanche le titane qui s'enflamme spontanément).

Le chlore humide corrode la plupart des métaux dès la température ambiante (à l'exception du titane et du tantale).

VLEP et mesurages

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

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

Substance	Pays	VLEP 8h (ppm)	VLEP 8h (mg/m ³)	VLEP CT (ppm)	VLEP CT (mg/m ³)
Chlore	France (VLEP réglementaire contraignante - 2007)	-	-	0,5	1,5
Chlore	Union Européenne (2006)	-	-	0,5	1,5
Chlore	États-Unis (ACGIH - 2018)	0,1	0,29	0,4	1,16

Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle

- Prélèvement des vapeurs de chlore par pompage de l'air au-travers d'un filtre membrane en argent associé à un préfiltre en polymère fluoré (PTFE) pour retenir les chlorures particuliers. Désorption du filtre par une solution de thiosulfate de sodium et dosage des ions chlorures par chromatographie ionique avec détection conductimétrique [8].
- Prélèvement des vapeurs de chlore par barbotage de l'air dans une solution d'acide sulfamique, après passage sur un préfiltre en PTFE pour retenir les chlorures particuliers. Réaction d'une aliquote de la solution sulfamique avec de l'iodure de potassium et dosage de l'iode formé à l'aide d'une électrode spécifique [9].

Incendie - Explosion

Le chlore, bien qu'incombustible, va favoriser l'inflammation des matières combustibles environnantes (graisses notamment) en raison de ses propriétés comburantes. Instable et possédant un fort pouvoir oxydant, il peut être à l'origine de réactions violentes, voire explosives, en présence de nombreux composés organiques ou minéraux (voir partie "propriétés chimiques").

En cas d'incendie, choisir l'agent d'extinction en fonction des autres produits/matériaux impliqués. Si possible, déplacer les bouteilles de chlore exposées au feu. Sinon, refroidir les récipients exposés ou ayant été exposés au feu à l'aide d'eau pulvérisée depuis une zone protégée. Prévenir les secours extérieurs de la présence de ces contenants sous pression.

Les personnes chargées de la lutte contre l'incendie seront équipées d'appareils de protection respiratoire autonomes isolants et de combinaisons de protection.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

Pas de donnée disponible sur la toxicocinétique du chlore inhalé.

Chez l'animal

Aucune information n'est actuellement disponible sur la toxicocinétique du chlore inhalé. Une étude du devenir de solutions aqueuses de plusieurs composés radiomarqués de chlore (monochloramine, hypochlorite, chlorure de sodium), chez le rat, indique qu'ils sont métabolisés en ions chlorure (Cl^-). Ces ions sont distribués, par ordre décroissant, dans le plasma, le sang total, les cellules sanguines, les testicules, les reins, le poumon, l'estomac et la moelle osseuse. Aucun des composés n'est totalement éliminé en 72 à 120 h [10].

Mode d'action

[11]

Le chlore possède une forte capacité d'oxydation qui se traduit par une déshydrogénation de l'eau des tissus. Celle-ci provoque une libération d'oxygène naissant, qui produit la plupart des lésions tissulaires, et d'acide chlorhydrique, qui en augmente l'effet. L'acide chlorhydrique est aussi rapidement transformé dans l'organisme en acide hypochloreux (HOCl), qui perméabilise les membranes cellulaires et réagit avec les protéines cellulaires pour former des chloramines. Ces dernières détruisent la structure cellulaire, induisant lésions corrosives et œdèmes.

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

Le chlore est un irritant sévère des yeux, des voies aériennes supérieures et du tractus respiratoire.

Le chlore est un irritant sévère des yeux, du nez, de la gorge et du tractus respiratoire.

La CL50 est de 414 ppm chez le rat, 256 ppm chez la souris et 650 ppm chez le chien pour une inhalation de 30 min [10]. Les animaux meurent essentiellement entre le 5^e et le 30^e jour [12].

Une exposition à des concentrations non létales de chlore entraîne, chez la souris et le rat, une baisse de la prise de poids et une irritation oculaire et respiratoire. Le chlore est un irritant sensoriel capable de stimuler les terminaisons trigéminales de l'œil et des muqueuses du tractus respiratoire, provoquant une baisse de la fréquence respiratoire [13]. La réponse maximale est atteinte en 45 à 60 minutes chez la souris ; elle n'est pas modifiée si l'exposition est prolongée à 120 minutes [14]. La concentration de chlore, induisant une diminution de fréquence respiratoire de 50 % (RD50), est d'environ 10 ppm pour une exposition de 10 minutes chez le rat et la souris [15]. La RD50 est de 3,5 ppm pour une exposition de 60 minutes chez la souris [14]. Après arrêt de l'exposition, la récupération est rapide. Les vérifications effectuées 30 minutes après des expositions allant jusqu'à 5 ppm, et 24 heures après une exposition à 8,8 ppm, indiquent une récupération totale [14]. Une tolérance à l'irritation respiratoire est induite chez le rat par une préexposition de 1 à 10 jours au chlore ; elle est fonction de la dose et du temps de prétraitement. Une tolérance croisée a été montrée avec d'autres irritants respiratoires, notamment le formaldéhyde [15].

Des rats et des souris, exposés à des concentrations équivalentes à la RD50 (environ 10 ppm, 6 h/j, pendant 1 à 5 jours), présentent des inflammations des voies respiratoires supérieures et inférieures. Elles sont bilatérales et touchent surtout l'épithélium olfactif et respiratoire des fosses nasales. L'altération la plus importante est une érosion et une ulcération, partielle à totale, des cellules sensorielles olfactives. Les lésions histologiques dégénératives et inflammatoires sont principalement localisées au niveau de l'épithélium, des cornets nasaux et maxillaires, avec une perte des cellules ciliées à ce niveau. Les modifications sont moins sévères au niveau du larynx, de la trachée et des poumons [16].

Toxicité subchronique, chronique

Les expositions répétées sont à l'origine de lésions inflammatoires des voies respiratoires.

L'exposition répétée au chlore induit une aggravation de l'inflammation des voies respiratoires qui est fonction de l'espèce, du sexe et de la dose.

Une exposition subchronique entraîne chez le rat (1 et 3 ppm, 6 h/j, 5 j/sem, pendant 6 semaines) une extension de l'inflammation à la sous-muqueuse de la trachée, aux bronchioles et aux conduits alvéolaires ; une exposition à 9 ppm induit une érosion de l'épithélium de la muqueuse nasale, accompagnée d'une hyperplasie épithéliale dans la trachée, les bronchioles et les conduits alvéolaires. Les alvéoles contiennent un taux plus important de sécrétions et de macrophages.

L'augmentation de quelques paramètres biologiques est notée : hématocrite et nombre des globules blancs, activité de certaines enzymes sériques révélant des modifications hépatiques, taux sanguin d'urée et densité urinaire avec quelques signes histologiques de lésion dégénérative dans les tubes rénaux proximaux [10].

Des rats et des souris exposés pendant 2 ans (0,4 - 1 - 2,5 ppm, 6 h/j, 5 j/sem) présentent une baisse de la prise de poids sans modification du temps de survie. Aucun effet n'est observé sur le poids du cerveau, du foie ou des reins, sur les paramètres hématologiques ou cliniques, ou au niveau macroscopique. Les lésions histologiques dégénératives et inflammatoires sont restreintes aux fosses nasales. Les lésions nasales présentent un gradient de sévérité décroissant du rostre nasal au naso-pharynx ; leur sévérité et/ou leur incidence n'est pas toujours fonction de la concentration. Les souris mâles et les rats femelles sont les plus sensibles. Les souris femelles présentent en outre une réponse inflammatoire de l'appareil reproducteur (augmentation dose-dépendante du taux d'abcès ovariens et d'inflammation utérine) [17].

Les rats, du fait de leur respiration uniquement nasale, sont plus sensibles à l'effet irritant du chlore que les singes. Des singes Rhésus ont été exposés au chlore pendant 1 an (0,1 - 0,5 - 2,3 ppm, 6 h/j, 5 j/sem). À la concentration de 2,3 ppm, on note chez certains animaux une irritation de la conjonctive ainsi que des lésions focales modérées de l'épithélium des fosses nasales et de la trachée (hyperplasie épithéliale, perte des cellules ciliées). Des effets limités à la muqueuse nasale sont observés aux concentrations inférieures [18].

Effets génotoxiques

Les données limitées de génotoxicité sont négatives mais ne permettent pas de conclusions définitives.

Effets cancérogènes

Les données limitées de cancérogénicité sont négatives mais ne permettent pas de conclusions définitives.

L'exposition 6 h/j, 5 j/sem, pendant 2 ans à 0,4, 1 ou 2,5 ppm de chlore (99,7 % de pureté) n'induit pas l'apparition de néoplasme chez la souris ou le rat, mâle ou femelle [17].

Effets sur la reproduction

Les données limitées de reprotoxicité sont négatives mais ne permettent pas de conclusions définitives.

La seule étude menée par inhalation est très ancienne. Des lapins ont été exposés à 0,7 ou 1,7 ppm pendant 9 mois ; des fœtus en cours de résorption ont été observés chez 2 animaux sur 6. Cette étude a été effectuée sur un nombre d'animaux trop restreint pour pouvoir conclure [19].

Toxicité sur l'Homme

Comme chez l'animal, les intoxications aiguës se traduisent par des irritations des muqueuses du tractus respiratoire et des yeux. Des séquelles broncho-pulmonaires sont possibles après une exposition à de fortes concentrations. Les expositions répétées sont à l'origine d'affections cutanées, d'irritations des muqueuses oculaires et de bronchites chroniques. Le chlore n'est pas considéré comme cancérogène chez l'homme.

Toxicité aiguë

[20 à 25]

Les expositions à de faibles doses (< 15 ppm) entraînent une irritation des muqueuses nasale, oculaire et pharyngée sans conséquence clinique.

Des concentrations supérieures (> 30 ppm) entraînent immédiatement des sensations de brûlure et des douleurs au niveau des muqueuses oculaires (larmolements), des voies respiratoires (toux, rhinorrhée) et buccales (hypersialorrhée). Il s'y associe des signes généraux comme une sensation de suffocation avec anxiété, une douleur ou brûlure rétrosternale, des céphalées et des douleurs abdominales avec nausées et vomissements.

Dans les cas sévères, on observe une détresse respiratoire, une cyanose et des crachats hémoptoïques. La survenue d'un bronchospasme réactionnel est possible.

En cas d'exposition plus importante, la complication principale est l'œdème aigu du poumon, parfois immédiat, classiquement retardé. Des complications infectieuses : broncho-pneumonie, abcès du poumon, peuvent survenir.

Après traitement approprié, l'évolution favorable peut être sans séquelles. Il persiste cependant la plupart du temps des anomalies fonctionnelles respiratoires associant une diminution de la capacité vitale et de la capacité de diffusion. Des broncho-pneumopathies chroniques obstructives, une fibrose ou de l'asthme ont été également décrits à la suite d'accidents.

On estime que la concentration létale minimale, chez l'homme, s'élève à 430 ppm pour une exposition dépassant 30 min, et une exposition à 1 000 ppm est rapidement fatale.

Toxicité chronique

[24, 26]

L'exposition prolongée au chlore induit essentiellement des effets liés à ses propriétés irritantes. Il s'agit d'acné chlorée, de conjonctivite, kératite et blépharite, d'érosion de l'émail et de la dentine (rôle de l'acide chlorhydrique), d'anorexie, de pyrosis, nausées et vomissements. On peut également observer des troubles généraux : amaigrissement, anémie, céphalées et vertiges. Les effets les plus importants surviennent au niveau pulmonaire avec des signes respiratoires à type de bronchite chronique.

Effets cancérogènes

Le chlore n'est pas actuellement considéré comme un cancérogène professionnel.

Son utilisation comme désinfectant de l'eau de boisson entraîne la formation de dérivés comme les trihalométhanes, qui sont potentiellement cancérogènes. En 1991, le CIRC a classé les eaux de boisson chlorées dans le groupe 3 (agent qui ne peut être classé du point de vue de sa cancérogénicité pour l'homme) [27].

Depuis 1992, certaines publications indiquent une association entre l'utilisation d'eaux chlorées et certains cancers (rectum, vessie) [28, 29, 30].

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : janvier 2023

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 (Européennes)

- Directive 2006/15/CE de la Commission du 7 février 2006 (JOCE du 9 février 2006).

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Article R. 4412-149 du Code du travail : Décret n° 2007-1539 du 26 octobre 2007.

Prévention des incendies et des explosions

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

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.

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.

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.

Classification et étiquetage

a) **substance** chlore :

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (JOU 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 chlore figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. La classification est :

- Gaz sous pression
- Gaz comburants, catégorie 1 ; H270
- Irritation cutanée, catégorie 2 ; H315
- Irritation oculaire, catégorie 2 ; H319
- Toxicité aiguë (par inhalation), catégorie 3 (*) ; H331
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles – Exposition unique, catégorie 3 : Irritation des voies respiratoires ; H335
- Dangers pour le milieu aquatique – Danger aigu, catégorie 1 ; H400

(*) 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.

Note U : 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.

Certains industriels proposent, pour le chlore, l'auto-classification complémentaire suivante :

- Gaz comprimé ; H280 "Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur" ((<http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/cl-inventory-database>)).

b) **mélanges** contenant du chlore :

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié.

Un facteur M harmonisé a été fixé pour le chlore ; ce facteur doit être pris en compte pour la classification relative aux dangers pour le milieu aquatique des mélanges contenant du chlore.

Interdiction / Limitations d'emploi

Produits biocides

Ils sont soumis à la réglementation biocides (articles L. 522-1 et suivants du Code de l'environnement). A terme, la totalité des produits biocides seront soumis à des autorisations de mise sur le marché.

Le chlore est une substance active identifiée à l'annexe I et notifiée à l'annexe II du règlement (CE) n° 1451/2007 uniquement pour les types de produits suivants :

- TP 2 (Désinfectants et produits algicides non destinés à l'application directe sur des êtres humains ou des animaux) ;
- TP 5 (Désinfectant de l'eau potable).

Une évaluation du chlore est en cours au niveau européen pour l'usage TP 11 (Produits de protection des liquides utilisés dans les systèmes de refroidissement et de fabrication) ; l'utilisation de ce produit biocide est soumise aux obligations prévues pendant cette période transitoire.

Pour plus d'information, consulter le Helpdesk Biocides de l'Anses (<https://www.helpdesk-biocides.fr>) ou le site de l'ECHA (<https://echa.europa.eu/fr/home>).

Protection de la population

Se reporter aux règlements modifiés (CE) 1907/2006 (REACH) et (CE) 1272/2008 (CLP). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé de la santé.

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 (<https://unece.org/fr/about-adr>). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

Recommandations

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...).
- Observer une **hygiène corporelle et vestimentaire** très stricte : Lavage soigneux des mains (savon et eau) après manipulation et changement de vêtements de travail. Ces vêtements de travail sont fournis gratuitement, nettoyés et remplacés si besoin par l'entreprise. Ceux-ci sont rangés séparément des vêtements de ville. En aucun cas les salariés ne doivent quitter l'établissement avec leurs vêtements et leurs chaussures de travail.
- Ne pas **fumer, vapoter, boire** ou **manger** sur les lieux de travail.

Manipulation

- **Réduire** le nombre de **contenants** (bouteilles notamment) au minimum nécessaire permettant d'assurer le bon fonctionnement du poste de travail.
- **Réduire** le nombre de **personnes exposées** au chlore.
- **Éviter tout contact** de produit avec **la peau** et **les yeux**. **Éviter l'inhalation** de gaz. 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 [31].
- Le **flexible** utilisé pour raccorder le contenant doit être adapté au chlore, à la pression et comporter des câbles de retenues correctement fixés. Utiliser des équipements dont les matériaux sont compatibles et résistants au chlore.
- Éviter tout rejet atmosphérique de chlore.
- Manipuler les contenants avec soin pour prévenir les chocs.
- Utiliser les bouteilles **debout et attachées** afin d'éviter leur chute.
- Fermer le robinet du contenant à chaque arrêt prolongé du poste (un flexible n'est pas conçu pour rester de manière prolongée sous pression).
- 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.
- Faire évaluer **annuellement** l'exposition des salariés au chlore présent dans l'air par un **organisme accrédité, sauf dans le cas où** l'évaluation des risques a conduit à un **risque faible** (§ Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle).
- Procéder à un contrôle fréquent et régulier de la teneur de l'atmosphère en chlore ou mieux, à un contrôle permanent complété par un système d'alarme automatique.
- N'utiliser que des installations technologiquement adaptées, exemptes de matériaux susceptibles de donner lieu à une réaction avec le chlore (en particulier, exclure le cuivre, l'argent, le magnésium et leurs alliages. Utiliser des joints en polytétrafluoroéthylène et des lubrifiants fluorocarbonés).
- **Protéger** les contenants du soleil et des sources de chaleur.
- Ne jamais transvaser de chlore d'un contenant à un autre.
- Au besoin, les espaces dans lesquels le chlore est stocké et/ou manipulé 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 chlore sans prendre les précautions d'usage [33].

Équipements de Protection Individuelle (EPI)

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

Une attention particulière sera apportée lors du **retrait des équipements** afin d'éviter toute contamination involontaire. Ces équipements seront éliminés en tant que déchets dangereux [34, 35, 36, 37].

- 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 [38].
- Gants : les matériaux préconisés pour **un contact prolongé** avec du **chlore gazeux** sont les suivants : caoutchouc butyle ou néoprène, les élastomères fluorés Viton[®] et Viton[®]/caoutchouc butyle, et les matériaux multicouches AlphaTec[®] 02-100 et Silver Shield[®] PE/EVAL/PE. Les matériaux suivants sont à éviter : le caoutchouc naturel et le polychlorure de vinyle. Pour le **chlore sous forme liquide**, le matériau préconisé pour un contact prolongé est l'élastomère fluoré Viton[®] [39, 40, 41].
- 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** [42].
- 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 [43].

Stockage

- Stocker les contenants (bouteilles) de chlore **debout et attachés**, dans des locaux frais et sous ventilation mécanique permanente. Tenir à l'écart de la chaleur, des surfaces chaudes, de toute source d'inflammation (étincelles, flammes nues, rayons solaires...) supérieures à 50°C. Dans tous les cas, il conviendra de se conformer aux préconisations du fabricant.
- Le stockage de chlore s'effectue habituellement sous forme de gaz liquéfié ; l'ogive de la bouteille est de couleur jaune [44]. 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.
- **Séparer** le chlore des matières combustibles ou inflammables. Si possible, la stocker **à l'écart** des autres produits chimiques dangereux.
- 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 à disposition dans ou à proximité immédiate du local/zone de stockage des moyens d'extinction adaptés à l'ensemble des produits stockés.

Déchets

- Dans tous les cas, traiter les déchets, résidus ou bouteilles endommagées dans les conditions autorisées par la réglementation.

En cas d'urgence

- En cas de **fuite**, fermer l'arrivée du gaz ; si la fuite ne peut être stoppée, interdire l'approche pour éviter tout risque de réaction dangereuse du fait de la grande réactivité du chlore (inflammation, explosion...). Dans tous les cas, aérer la zone et évacuer le personnel.
- Si des bouteilles de chlore sont **exposées à un incendie**, 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 respiratoire isolants autonomes sont à prévoir à proximité et à l'extérieur des locaux pour les interventions d'urgence.
- Prévoir l'installation de **rinçage-œil** et de **douches de sécurité** [45].
- 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

Lors des visites initiales et périodiques

- Rechercher particulièrement lors de l'interrogatoire et l'examen clinique, des antécédents de pathologies respiratoires chroniques, des symptômes d'irritation de la peau et des muqueuses oculaire et respiratoire, ainsi que des symptômes évocateurs d'une atteinte de la fonction respiratoire.
- L'examen clinique initial pourra être complété par une radiographie pulmonaire et des épreuves fonctionnelles respiratoires (EFR) qui serviront d'examen de référence. La fréquence des examens médicaux périodiques et la nécessité ou non d'effectuer des examens complémentaires (EFR, ...) 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.
- Déconseiller le port de lentilles de contact souples hydrophiles lors de travaux pouvant potentiellement exposer à du chlore.

Conduites à tenir en cas d'urgence :

- **En cas de contact cutané**, retirer les vêtements souillés (avec des gants adaptés) et laver la peau immédiatement et abondamment à grande eau pendant au moins 15 minutes. Si une irritation apparaît ou si la contamination est étendue ou prolongée, consulter un médecin.
- **En cas de projection oculaire**, 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. Si une irritation oculaire apparaît, consulter un ophtalmologiste et le cas échéant lui signaler le port de lentilles.
- **En cas d'inhalation**, appeler immédiatement un SAMU ou un centre antipoison, faire transférer la victime 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. 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 la peau immédiatement et abondamment à grande eau pendant au moins 15 minutes). Prévenir du risque de survenue d'un œdème pulmonaire lésionnel dans les 48 heures suivant l'exposition.

Bibliographie

- 1 | Chlore. In : L'air liquide, Encyclopédie des gaz. New York : Elsevier ; 1976 : 779-786.
- 2 | Chlorine. In : Kirk-Othmer - Encyclopedia of chemical technology. 5th ed. Vol. 6. New York : Wiley-Interscience ; 2004 : 131-210.
- 3 | Chlorine. SAX's dangerous properties of industrial materials. 11th ed. New-York : Wiley-Interscience ; 2005 : CD-ROM.
- 4 | Chlorine. 2004. In : Documentation of the threshold limit values and biological exposures indices. Cincinnati : ACGIH ; 2014 : CD-ROM.
- 5 | Chlorine. European Union risk assessment report (final approved version). European Chemicals Bureau, December 2007 (www.echa.europa.eu/information-on-chemicals).
- 6 | Chlorine. Fiche IPCS. ICSC 0126. International Labour Organization (ILO), 2009 (<https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.home>).
- 7 | Chlorine - Chemical safety data sheets. Cambridge : The Royal Society of Chemistry ; 1991, vol. 4a : 133-138.
- 8 | Bromine and chlorine. Method 6011 . In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th edition. NIOSH, 1994 (www.cdc.gov/niosh/nmam).
- 9 | Chlorine in workplace atmospheres. Method ID-101 . In : Sampling and Analytical Methods. OSHA, 1991 (www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html).
- 10 | Report of an expert panel - Interpretive review of potential adverse effects of chlorinated organic chemicals on human health and environment. Chapter 2 : chlorine. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1994 ; 20, 1, part 2 : S69-S125.
- 11 | Martin D, Barrie et al. - The Halogens. Chlorine, Cl₂. In : Bingham E, Corhssen B (Eds) - Patty's toxicology. 6th edition. Volume 1. Oxford : John Wiley and Sons ; 2012 : 1057-1067.
- 12 | Bitron MD, Aharonson EF - Delayed mortality of mice following inhalation of acute doses of CH₂O, SO₂, Cl₂ and Br₂. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1978 ; 39 (2) : 129-138.
- 13 | Barrow CS et coll. - Comparison of the sensory irritation response in mice to chloride and hydrogen chloride. *Archives of Environmental Health*. 1977 ; 31 : 68-76.
- 14 | Gagnaire F et coll. - Comparison of the sensory irritation response in mice to chlorine and nitrogen trichloride. *Journal of Applied Toxicology*. 1994 ; 14 (6) : 405-409.
- 15 | Chang JC, Barrows CS - Sensory irritation tolerance and cross-tolerance in F344 rats exposed to chlorine or formaldehyde gas. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 1984 ; 76 (2) : 319-327.
- 16 | Jiang XZ, Buckley LA, Morgan KT - Pathology of toxic responses to the RD50 concentration of chlorine gas in the nasal passage of rats and mice. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 1983 ; 71 (2) : 225-238.
- 17 | Wolf DC et coll. - Two-year inhalation exposure of female and male B6C3F1 mice and F344 rats to chlorine gas induces lesions confined to the nose. *Fundamental and Applied Toxicology*. 1995 ; 24 (1) : 111-131.
- 18 | Klonne DR et coll. - One-year inhalation toxicity study of chlorine in Rhesus monkeys (Macaca muletta). *Fundamental and Applied Toxicology*. 1987 ; (9) : 557-572.
- 19 | Skylanskaya RM, Rapaport IL - Experimented Studien über chronische Vergiftung von Kaninchen mit geringen Chlorkonzentrationen und die Enturktung der Nachkommenschaft der chlorvergifteten Kaninchen. *Naunyn Schmiedeberg's Archiv für Experimentelle Pathologie und Pharmakologie*. 1935 ; 177 : 276-287.
- 20 | Abhyankar A et coll. - Six-month follow-up of fourteen victims with short-term exposure to chlorine gas. *Journal of the Society of Occupational Medicine*. 1989 ; 39 (4) : 131-132.
- 21 | Charan NB et coll. - Effects of accidental chlorine inhalation on pulmonary function. *Western Journal of Medicine*. 1985 ; 143 (3) : 333-336.
- 22 | Fleta J et coll. - Intoxication of 76 children by chlorine gas. *Human Toxicology*. 1986 ; 5 (2) : 99-100.
- 23 | Kennedy SM et coll. - Lung health consequences of reported accidental chlorine gas exposures among pulpmill workers. *American Review of Respiratory Disease*. 1991 ; 143 (1) : 74-79.
- 24 | Lauwerys R - Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles, 3^e éd. Paris : Masson ; 1992 : 391-393.
- 25 | Moore BB, Sherman MD - Chronic reactive airway disease following acute chlorine gas exposure in asymptomatic atopic patient. *Chest*. 1991 ; 100 (3) : 855-856.
- 26 | Centerwall BS et coll. - Erosion of dental enamel among competitive swimmers at a gas-chlorinated swimming pool. *American Journal of Epidemiology*. 1986 ; 123 : 641-647.
- 27 | Chlorinated drinking water. In : IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 52. Lyon : CIRC/IARC ; 1991 : 45-144.
- 28 | Mac Geehin MA, Reif JS et coll. - Case-control study of bladder cancer and water disinfection methods in Colorado. *American Journal of Epidemiology*. 1993 ; 138 : 492-501.
- 29 | Morris RD, Audet AM et coll. - Chlorination, chlorination by-products, and cancer : a meta-analysis. *American Journal of Public Health*. 1992 ; 82 (7) : 955-963.
- 30 | Mughal FH - Chlorination of drinking water and cancer : a review. *Journal of Environmental Pathology Toxicology and Oncology*. 1992 ; 11 (5-6) : 287-292.
- 31 | Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation ED 695. 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 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer sa tenue de protection en toute sécurité. Cas n°1 : Décontamination sous la douche. Dépliant ED 6165. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 35 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer sa tenue de protection en toute sécurité. Cas n°3 : Sans décontamination de la tenue. Dépliant ED 6167. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 36 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer ses gants en toute sécurité. Gants à usage unique. Dépliant ED 6168. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 37 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer ses gants en toute sécurité. Gants réutilisables. Dépliant ED 6169. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 38 | Les appareils de protection respiratoire - Choix et utilisation. Brochure ED 6106. INRS (<https://www.inrs.fr>).

- 39 | Des gants contre le risque chimique. Fiche pratique de sécurité ED 112. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 40 | Chlorine. In : Forsberg K, Den Borre AV, Henry III N, Zeigler JP – Quick selection guide to chemical protective clothing. 7th ed. Hoboken : John Wiley & Sons ;293 p.
- 41 | Chlore. In : ProtecPo Logiciel de pré-sélection de matériaux de protection de la peau. INRS-IRSST, 2011 (<https://protecpo.inrs.fr/ProtecPo/jsp/Accueil.jsp>).
- 42 | Quels vêtements de protection contre les risques chimiques. Fiche pratique de sécurité ED 127. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 43 | Les équipements de protection individuelle des yeux et du visage - Choix et utilisation. Brochure ED 798. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 44 | Les bouteilles de gaz : identification, prévention lors du stockage et de l'utilisation. Brochure ED 6369. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 45 | 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

Seuls les éléments cités ci-dessous ont fait l'objet d'une mise à jour ; les autres données de la fiche toxicologique n'ont pas été réévaluées.

1 ^{re} édition	1966
2 ^e édition	1982
3 ^e édition	1996
4 ^e édition (mise à jour partielle) <ul style="list-style-type: none"> ■ Valeurs limites d'exposition professionnelle ■ Méthodes de détection et de détermination dans l'air ■ Réglementation ■ Bibliographie 	2008
5 ^e édition (mise à jour partielle) <ul style="list-style-type: none"> ■ Utilisations ■ Valeurs limites d'exposition professionnelle ■ Méthodes de détection et de détermination dans l'air ■ Incendie-Explosion ■ Réglementation ■ Recommandations (Manipulation et Au point de vue médical) ■ Bibliographie 	Janvier 2018
6 ^e édition (mise à jour partielle) <ul style="list-style-type: none"> ■ Valeurs limites d'exposition professionnelle ■ Incendie - explosion ■ Réglementation ■ Recommandations - Au point de vue technique ■ Bibliographie 	Janvier 2023