

FICHE TOXICOLOGIQUE

FT 51

Chlore

Fiche établie par les services techniques et médicaux de l'INRS
(N. Bonnard, M.-T. Brondeau, T. Clavel, M. Falcy, D. Jargot, O. Schneider)

CARACTÉRISTIQUES

UTILISATIONS

- 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).

Ses principales caractéristiques physiques sont les suivantes.

Masse molaire	70,91
Point d'ébullition	- 34 °C
Point de fusion	- 101 °C
Point critique	144 °C à 7 710 kPa
Point triple	- 101 °C à 1,4 kPa
Densité du gaz (air = 1)	2,49
Masse volumique du liquide	1,405 g/cm ³ à 20 °C et 569 kPa (pression saturante)
Pressions de vapeur	569 kPa à 20 °C 1 340 kPa à 50 °C

À 25 °C et 101 kPa, 1 ppm = 3 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.

Cl₂

Numéro CAS
7782-50-5

Numéro CE (EINECS)
231-959-5

Numéro Index
017-001-00-7



T - Toxique



N - Dangereux pour l'environnement

CHLORE

R 23 - Toxique par inhalation.

R 36/37/38 - Irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau.

R 50 - Très toxique pour les organismes aquatiques.

S 9 - Conserver le récipient dans un endroit bien ventilé.

S 45 - En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette).

S 61 - Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.

231-959-5 - Étiquetage CE.

SGH : voir § Réglementation – Classification et étiquetage.

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).

Récipients de stockage

Le stockage du chlore liquéfié s'effectue généralement dans des récipients en acier. Le chlorure de polyvinyle (à basse pression et basse température) et les polymères fluorés (à haute température) peuvent également être utilisés.

VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE

Des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes dans l'air des locaux de travail ont été établies en France pour le chlore (art. R. 4412-149 du Code du travail) (voir tableau ci-dessous).

PAYS	VLEP		Court terme	
	Moyenne pondérée sur 8 h			
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
France (VLEP réglementaire contraignante)			0,5	1,5
Union européenne			0,5	1,5
États-Unis (ACGIH)	0,5	1,5	1	2,9
Allemagne (Valeurs MAK)	0,5	1,5		

MÉTHODES DE DÉTECTION ET DE DÉTERMINATION DANS L'AIR

■ Prélèvement des vapeurs de chlore par pompage de l'air au travers d'un filtre membrane en argent, associé à un préfiltre en PTFE pour retenir les chlorures particulaires. Désorption du filtre par une solution de thiosulfate de sodium et dosage des ions chlorure 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 particulaires). Réaction d'une aliquote de la solution sulfamique avec l'iodure de potassium et dosage de l'iode formé à l'aide d'une électrode spécifique [9].

■ Utilisation d'appareils à réponse instantanée équipés des tubes réactifs colorimétriques DRAEGER (Chlorine 0.2/a, 0.3/b), MSA (Cl2-0,2) ou GASTEC (Chlorine 8La, 8LL). Les substances oxydantes (brome, iode, dioxyde de chlore, dioxyde d'azote, chlorure d'hydrogène, ozone) peuvent interférer.

■ Des détecteurs portatifs sont également commercialisés, avec affichage numérique et alarme. Ces appareils doivent être utilisés avec toutes les précautions requises pour s'assurer de la spécificité et de la justesse de leur réponse pour le chlore.

INCENDIE – EXPLOSION

Le chlore est un gaz ininflammable mais, du fait de sa grande réactivité vis-à-vis de nombreux produits organiques et minéraux, il peut être à l'origine d'explosions et d'incendies.

En cas d'incendie où serait impliqué le chlore, faire évacuer rapidement les locaux, ne laisser intervenir que des personnes spécialisées dotées d'un équipement complet de protection ; refroidir par arrosage à l'eau les récipients exposés au feu en évitant le contact direct de l'eau avec le produit.

PATHOLOGIE – TOXICOLOGIE

TOXICOCINÉTIQUE – MÉTABOLISME

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

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 [11].

TOXICITÉ EXPÉRIMENTALE

Toxicité aiguë

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

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 : hémocrite 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 reproduc-

teur (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 [30].

Effets cancérigènes

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

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 [18].

TOXICITÉ CHEZ L'HOMME

Toxicité aiguë [19, 21 à 24, 26]

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 (larmoiements), 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 1000 ppm est rapidement fatale.

Toxicité chronique [20, 24]

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 cancérigènes

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 cancérigènes. 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) [29].

Depuis 1992, certaines publications indiquent une association entre l'utilisation d'eaux chlorées et certains cancers (rectum, vessie) [25, 27, 28].

RÉGLEMENTATION

Rappel : 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 » et « Protection de l'environnement » ne sont que très partiellement renseignées.

HYGIÈNE ET SÉCURITÉ DU TRAVAIL

1. Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux)

- Articles R. 4412-1 à R. 4412-58 du Code du travail.
- Circulaire DRT n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au *JO*).

2. 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.

3. Valeurs limites d'exposition professionnelle

- Article R. 4412-149 du Code du travail.
- Directive 2006/15/CE de la Commission du 7 février 2006 (*JOCE* du 9 février 2006).

4. Maladies de caractère professionnel

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

5. Classification et étiquetage

a) du chlore *pur* :

- Arrêté du 8 juin 1998 (*JO* du 3 juillet 1998) modifiant l'arrêté du 20 avril 1994, qui prévoit la classification suivante :
Toxique, R 23
Irritant, R 36/37/38
Dangereux pour l'environnement, N, R 50

La directive 2008/58/CE du 21 août 2008 (document L 246, *JOCE* du 15 septembre 2008) portant 30^e ATP à la directive 67/548/CEE introduit, pour le chlore, des limites spécifiques de concentration.

SGH : Le règlement européen qui introduit dans l'Union européenne le nouveau système général harmonisé de classification et d'étiquetage, le SGH ou GHS, a été adopté le 28 novembre 2008. Les classifications et étiquetages du chlore harmonisés selon les deux systèmes (directive 67/548/CE et règlement) figureront dans l'annexe VI du règlement.

b) des **préparations** contenant du chlore :

- Arrêté du 9 novembre 2004 (*JO* du 18 novembre 2004). Des limites spécifiques de concentration sont fixées à l'annexe 1 des substances dangereuses.

6. Travaux interdits

- Jeunes travailleurs : art. D. 4153-26 du Code du travail (chlore : production et emploi dans la fabrication des hypochlorites ainsi que dans le blanchiment de la pâte à papier et de la cellulose).
- Salariés sous contrat à durée déterminée, salariés temporaires : art. D 4154-1 à D. 4154-5 du Code du travail.

7. Entreprises extérieures

- Arrêté du 19 mars 1993 (*JO* du 27 mars 1993) fixant en application de l'article R. 237-8 du Code du travail la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

PROTECTION DE LA POPULATION

- Article L. 5132.2, articles R. 5132-43 à R. 5132-73, articles R. 1342-1 à R. 1342-12 du Code de la santé publique :
 - détention dans des conditions déterminées (art. R. 5132-66) ;
 - étiquetage (cf. 5) ;
 - cession réglementée (art. R. 5132-58 et R. 5132-59).

PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Installations classées pour la protection de l'environnement, Paris, imprimerie des Journaux officiels, brochure n° 1001 :

- n° 1137 : fabrication industrielle du chlore.
- n° 1138 : emploi ou stockage du chlore.

TRANSPORT

Se reporter éventuellement aux règlements suivants.

1. Transport terrestre national et international (route, chemin de fer, voie de navigation intérieure)

- ADR, RID, ADN : Chlore
N° ONU : 1017
Classe : 2

2. Transport par air

- IATA

3. Transport par mer

- IMDG

RECOMMANDATIONS

I. AU POINT DE VUE TECHNIQUE

Stockage

- Stocker le chlore à l'air libre ou dans des locaux spéciaux, secs et frais, à l'abri de l'humidité et de toute source de chaleur et à l'écart des matières combustibles et des autres produits chimiques. Le sol de ces locaux sera imperméable et disposé de façon à constituer une cuvette de rétention.
- Prévoir une surveillance continue du dépôt (ou un système de détection du chlore relié à une alarme), ainsi qu'un dispositif d'aspiration du gaz aussitôt mis en service en cas de fuite et associé à une installation d'absorption.
- Prévoir un équipement électrique anticorrosion.
- Inspecter régulièrement l'état et la fermeture des récipients qui devront être correctement étiquetés.
- Ne jamais porter le métal des récipients à une température supérieure à 50 °C.
- Prévoir, à proximité et à l'extérieur des locaux, des équipements de protection respiratoire autonomes isolants.

Manipulation

Les prescriptions relatives aux locaux de stockage sont applicables aux locaux où est manipulé le chlore. En outre :

- Instruire le personnel des risques présentés par le chlore, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident. Les procédures spéciales en cas d'accident feront l'objet d'exercices d'entraînement.
- Effectuer en appareil clos ou sous hotte toute opération susceptible de dégager du chlore. Prévoir une aspiration du gaz à sa source d'émission ainsi qu'une ventilation générale des locaux. Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certains travaux de courte durée à caractère exceptionnel et pour les interventions d'urgence.
- Procéder à des contrôles fréquents et réguliers de la teneur en chlore de l'atmosphère ou, mieux, à un contrôle permanent complété par un système d'alarme automatique.
- Éviter le contact avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection, des gants et des lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après usage.

■ Pour la manutention et l'utilisation des récipients contenant du chlore, se conformer strictement aux indications données par le fabricant et aux prescriptions habituelles concernant les gaz liquéfiés.

■ N'utiliser que des installations technologiquement adaptées, exemptes de matériaux susceptibles de réagir avec le chlore. Ne graisser qu'avec des lubrifiants spéciaux (chlorofluorés). Soumettre les installations à un entretien préventif régulier, axé notamment sur l'étanchéité.

■ Ne pas procéder à des travaux sur et dans des cuves et réservoirs contenant, ou ayant contenu, du chlore sans prendre les précautions d'usage [31].

■ Éviter les rejets de chlore dans l'environnement.

■ En cas de fuite, évacuer le personnel et ne laisser intervenir que des opérateurs entraînés, munis d'un équipement de protection adapté. Ne jamais arroser un récipient qui fuit. Arrêter la fuite et ventiler. Si la fuite ne peut être stoppée, aspirer si possible les émanations vers une installation de neutralisation alcaline (soude) puis réductrice (thiosulfate ou bicarbonate de sodium).

■ Dans tous les cas, éliminer les déchets et les bouteilles endommagées dans les conditions prévues par la réglementation.

II. AU POINT DE VUE MÉDICAL

■ À l'embauchage, rechercher les sujets atteints d'affections respiratoires ou cutanées chroniques.

■ Lors des examens systématiques, vérifier l'absence de signes d'intolérance (irritation cutanée, oculaire ou respiratoire). Des épreuves fonctionnelles respiratoires ou une radiographie pulmonaire pourront être réalisées périodiquement.

■ En cas d'inhalation, retirer la victime de la zone contaminée, l'allonger et la mettre au repos. Les secouristes devront se prémunir contre tout risque d'intoxication. Une atteinte pulmonaire retardée pouvant survenir, le sujet sera hospitalisé.

■ En cas de projection cutanée de chlore liquide, retirer les vêtements souillés et laver immédiatement et abondamment, au moins 15 min avec de l'eau. Du fait de la survenue rapide de brûlures cutanées, montrer à un médecin pour traitement symptomatique éventuel.

■ En cas de projection oculaire, laver immédiatement et abondamment, au moins 15 min avec de l'eau. Consulter un spécialiste.

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. SAX's dangerous properties of industrial materials, 9^e éd. New York : Van Nostrand Reinhold ; 1996 : 718-719.
4. Chlore. 2001. In : Documentation of the threshold limit values and biological exposures indices. Cincinnati : ACGIH ; 2007 : CD-ROM.
5. Chlorine. European Union draft risk assessment report. European Chemicals Bureau, décembre 2007 (<http://ecb.jrc.it/esis/>).
6. Chlorine. Fiche IPCS.ICSC 0126, 2000 (<http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/icstart.html>).
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 (<http://www.cdc.gov/niosh/nmam>).
9. Chlorine in workplace atmospheres. Method ID-101. In : Sampling and Analytical Methods. OSHA, 1991 (<http://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. Perry WG, Smith FA, Kent MB - The halogens. Chlorine, Cl₂. In : Patty's industrial hygiene and toxicology, 4^e éd. Vol. II F. New York : John Wiley and Sons ; 1993 : 4482-4505.
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. Skylanskaya RM, Rapaport IL - Experimentelle 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.
19. 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.
20. 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.
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 pulp mill 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. 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.
26. Moore BB, Sherman MD - Chronic reactive airway disease following acute chlorine gas exposure in asymptomatic atopic patient. *Chest*. 1991 ; 100 (3) : 855-856.
27. 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.
28. Mughal FH - Chlorination of drinking water and cancer : a review. *Journal of Environmental Pathology Toxicology and Oncology*. 1992 ; 11 (5-6) : 287-292.
29. Chlorinated drinking water. In : IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 52. Lyon : CIRC/IARC ; 1991 : 45-144.
30. Klonne DR et coll. - One-year inhalation toxicity study of chlorine in Rhesus monkeys (*Macaca muleta*). *Fundamental and Applied Toxicology*. 1987 ; (9) : 557-572.
31. Cuves et réservoirs. Recommandation CNAM R 435. Paris : INRS.