

Ammoniac et solutions aqueuses

Fiche toxicologique n°16 - Edition Juin 2021

Généralités

Substance(s)

Nom	Détails	
Ammoniac	Famille chimique	Composés inorganiques de l'azote
	Numéro CAS	7664-41-7
	Numéro CE	231-635-3
	Numéro index	007-001-00-5
	Synonymes	Ammoniac anhydre
Ammoniaque	Famille chimique	Composés inorganiques de l'azote
	Numéro CAS	1336-21-6
	Numéro CE	215-647-6
	Numéro index	007-001-01-2
	Synonymes	Ammoniaque ; Hydroxyde d'ammonium en solution aqueuse...%.

Etiquette



AMMONIAC ANHYDRE

Danger

- H221 - Gaz inflammable
- H314 - Provoque de graves brûlures de la peau et de graves lésions des yeux
- H331 - Toxique par inhalation
- 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.

231-635-3

Nom chimique - Numéro Index	Etiquetage harmonisé selon le règlement CLP (CE n° 1272/2008)
AMMONIAQUE...% 007-001-01-2	 Danger, H314, H400

- Selon l'annexe VI du règlement CLP. Ces étiquetages harmonisés et les classifications associées sont d'application obligatoire. Ces classifications harmonisées doivent être complétées le cas échéant par le metteur sur le marché (autoclassification) et les substances étiquetées en conséquence (cf. § "Classification et étiquetage" du chapitre "Réglementation").
- Lorsqu'ils sont mis sur le marché, les gaz 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 emballé et, par conséquent, doit s'effectuer au cas par cas (Note U).
- Attention : pour la mention de danger H331, se reporter au paragraphe "Classification et étiquetage" du chapitre "Réglementation".
- Si cette substance est mise sur le marché sous forme d'une solution aqueuse, le fournisseur doit indiquer sur l'étiquette la concentration de la solution en pourcentage (Note B).

Caractéristiques

Utilisations

L'ammoniac anhydre et ses solutions aqueuses sont utilisés dans divers secteurs :

- Industrie du froid (comme réfrigérant) ;
- Fabrication de composants électroniques ou photovoltaïques ;
- Fabrication des engrains ;
- Pétrole et carburants ;
- Traitement des métaux ;
- Synthèse organique ;
- Industrie des fibres textiles ;
- Produits d'entretien ;
- Industrie du papier.

Propriétés physiques

[1 à 4, 9]

L'ammoniac est un gaz incolore à odeur piquante et irritante, plus léger que l'air. Il se liquéfie facilement. L'ammoniac est très soluble dans l'eau (33,1 % en poids à 20 °C). La dissolution s'accompagne d'un dégagement de chaleur. Les solutions obtenues sont connues sous le nom d'ammoniaque.

Nom Substance	Détails
Ammoniac	Formule NH₃
	N° CAS 7664-41-7
	Etat Physique Gaz
	Masse molaire 17,03 g/mol
	Point de fusion -77,7 °C
	Point d'ébullition -33,3 °C
	Densité 0,682 à -33,3 °C (ammoniac liquide)
	Densité gaz / vapeur 0,59
	Pression de vapeur 860 kPa à 20 °C
	Point critique température : 132 °C
	Température d'auto-inflammation 651 °C
	Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air) limite inférieure : 15 % limite supérieure : 28 %
	Limites d'explosivité ou d'inflammabilité Limite d'explosivité de l'ammoniac dans l'oxygène (% en volume) : Limite inférieure : 33 % Limite supérieure : 79 %

Propriétés chimiques

[1 à 8]

À température ordinaire, l'ammoniac est un composé stable. Sa dissociation en hydrogène et azote ne commence que vers 450 - 550 °C. En présence de certains métaux comme le fer, le nickel, l'osmium, le zinc et l'uranium, cette décomposition commence dès 300 °C et est presque complète vers 500 - 600 °C.

L'ammoniac brûle à l'air au contact d'une flamme en donnant principalement de l'azote et de l'eau.

L'ammoniac réagit, généralement violemment, sur de nombreux oxydes et peroxydes.

Les halogènes (fluor, chlore, brome, iodé) réagissent vivement sur l'ammoniac et ses solutions aqueuses.

Des réactions explosives peuvent également se former avec l'aldéhyde acétique, l'acide hypochloreux, l'hexacyanoferrate (3-) de potassium.

La plupart des métaux ne sont pas attaqués par l'ammoniac rigoureusement anhydre. Toutefois, en présence d'humidité, l'ammoniac, gazeux ou liquide, attaque rapidement le cuivre, le zinc et de nombreux alliages, particulièrement ceux qui contiennent du cuivre. Il agit également sur l'or, l'argent et le mercure en donnant des composés explosifs. Certaines catégories de plastiques, de caoutchoucs et de revêtements peuvent être attaquées par l'ammoniac liquide.

VLEP et mesurages

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle (VLEP)

Des VLEP dans l'air des lieux de travail ont été établies pour l'ammoniac anhydre.

Substance	Pays	VLEP 8h (ppm)	VLEP 8h (mg/m ³)	VLEP CT (ppm)	VLEP CT (mg/m ³)
Ammoniac anhydre	France (VLEP réglementaires contraignantes - 2006)	10	7	20	14
Ammoniac anhydre	Union européenne (2000)	20	14	50	36

Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle

[10, 11]

- Prélèvement sur un tube contenant une couche de charbon traité à l'acide sulfurique ou d'un filtre en fibre de quartz imprégné d'acide sulfurique et de glycérol (en présence ou non d'un filtre ou d'une membrane pour retenir, au besoin, les sels d'ammonium particulaires en suspension dans l'air). Désorption à l'aide d'eau déionisée. Dosage par chromatographie ionique avec suppression chimique et détection par conductimétrie.

Incendie - Explosion

[12]

L'ammoniac est un gaz relativement peu inflammable (son énergie minimale d'inflammation d'environ 14 mj est relativement élevée pour un gaz). Il peut cependant former des mélanges explosifs avec l'air dans les limites de 15 à 33 % en volume. Il est beaucoup plus inflammable dans l'oxygène et réagit d'autant plus violemment (son domaine d'inflammabilité s'entend alors jusqu'à des concentrations voisines de 80 %). Le contact de l'ammoniac avec certains produits tels que le mercure, les halogènes et certains produits halogénés, les métaux alcalino-terreux (notamment le calcium et le baryum), l'oxyde d'argent... peut conduire à des réactions violentes pouvant aller jusqu'à l'incendie ou l'explosion (voir la partie « Propriétés chimiques »).

En cas de fuite enflammée d'ammoniac, n'agir que s'il est possible de couper l'alimentation en gaz. Les agents d'extinction préconisés sont les poudres et le dioxyde de carbone. L'eau pulvérisée peut aussi être utilisée pour refroidir les équipements et pour abattre le gaz au sol.

D'une manière générale, en cas d'incendie, il est recommandé d'éloigner immédiatement les réservoirs exposés au feu pour éviter les risques d'éclatement et de les refroidir (risque de rupture sous l'action de la chaleur).

En raison de la toxicité des fumées émises lors de la décomposition thermique de l'ammoniac (dioxyde d'azote, oxyde nitrique), les intervenants qualifiés seront équipés d'appareils de protection respiratoire isolants autonomes et de combinaisons de protection étanches au gaz et résistant aux produits chimiques.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

[4, 13]

L'ammoniac agit localement et son absorption semble peu importante. Son métabolisme a été peu étudié.

Absorption, distribution, métabolisme et excrétion

Au contact avec l'humidité, l'ammoniac est rapidement transformé en ammoniac responsable de l'attaque caustique de la peau et des muqueuses. La pénétration du gaz dans l'arbre respiratoire a été étudiée chez l'animal et chez l'homme. La plus grande partie de l'ammoniac inhalé est retenue (transformée en ammoniac) au niveau des voies aériennes supérieures. Chez le lapin, lorsque la concentration atmosphérique est de 2000 ppm, celle mesurée au niveau de la trachée n'est plus que de 100 ppm.

L'absorption digestive, respiratoire ou percutanée de l'ion ammonium formé par la combinaison d'ammoniac et d'eau n'a pas fait l'objet d'étude. L'absorption d'ions ammonium est certainement faible. Elle n'est jamais responsable d'hyperammoniémie. Les ions ammonium absorbés sont transformés en urée et servent à la synthèse des acides aminés. L'excration est surtout rénale (il existe également une faible élimination sudorale).

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

[4, 13 à 16]

Elle se traduit par un effet caustique au niveau de la peau et des muqueuses oculaires, digestives et respiratoires. L'importance des lésions dépend de la concentration et du temps de contact.

La DL₅₀ par voie orale chez le rat est de 350 mg/kg et chez le chat de 750 mg/kg.

La CL₅₀ par inhalation, chez le rat est de 7600 mg/m³, pour une exposition de 2 heures.

Chez la souris, la CL₅₀ varie de 10 150 ppm pour une exposition de 10 minutes à 4837 ppm pour 1 exposition de heure ; elle est de 3310 mg/m³ pour 2 heures.

L'exposition à de fortes concentrations d'ammoniac produit une irritation intense, puis des lésions caustiques des muqueuses oculaires, des voies respiratoires et de la peau. À l'autopsie des animaux, on constate des ulcérations des épithéliums oculaires et respiratoires, un œdème aigu pulmonaire hémorragique et, parfois, des atélectasies. La rétention de l'ammoniac dans les voies aériennes supérieures est importante : les lésions hautes sont toujours plus importantes que les atteintes bronchiolaires et alvéolaires. Chez les survivants, les séquelles oculaires définitives (opacité cornéenne, cécité) sont fréquentes.

L'administration orale de solutions aqueuses d'ammoniac est responsable de lésions caustiques du tube digestif (ulcérations, hémorragies, perforations).

L'ammoniac et ses solutions aqueuses sont caustiques pour la peau et les muqueuses ; la gravité des lésions produites dépend de la quantité de la solution appliquée, de la concentration et du temps de contact. Les lésions oculaires sont particulièrement sévères, les ulcérations conjonctivales et cornéennes s'accompagnent presque toujours d'une irritis et, parfois, d'un glaucome. À terme, les séquelles invalidantes (opacités cornéennes, cataracte, glaucome) sont fréquentes. Les solutions hautement alcalines (pH > 11,5) sont très irritantes.

Quelle que soit la voie d'administration, l'intoxication systémique par l'ion ammonium ne semble pas participer au tableau observé.

Toxicité subchronique, chronique

[4, 13, 15, 17]

L'exposition répétée provoque une irritation oculaire mais surtout respiratoire chronique (bronchite chronique).

L'exposition répétée ou prolongée à l'ammoniac est responsable d'une irritation oculaire et respiratoire dans toutes les espèces testées. Elle apparaît dès 100 ppm. À concentration constante, lorsque l'exposition est poursuivie, une tolérance apparaît : les signes d'irritation s'amendent ou disparaissent. En raison de la forte rétention de l'ammoniac par les voies aériennes supérieures, les lésions sont toujours plus marquées à ce niveau. L'irritation chronique de l'arbre respiratoire favorise le développement d'infections broncho-pulmonaires.

Les signes d'intoxication systémique sont toujours discrets ou absents : élévation modérée de l'urée sanguine, vraisemblablement secondaire à l'absorption de l'ion ammonium.

Aucune donnée n'est disponible chez l'animal à la date de publication de cette fiche toxicologique.

Effets cancérogènes

Aucune donnée n'est disponible chez l'animal à la date de publication de cette fiche toxicologique.

Effets sur la reproduction

Aucune donnée n'est disponible chez l'animal à la date de publication de cette fiche toxicologique.

Toxicité sur l'Homme

L'exposition aiguë est responsable de sévères effets caustiques sur la peau et les muqueuses digestives et oculaires. En cas d'exposition répétée, une atteinte de la fonction respiratoire peut être observée (inflammation chronique des voies respiratoires supérieures et troubles ventilatoires). Les données sur la cancérogénicité sont insuffisantes pour conclure ; aucune donnée humaine n'est disponible sur les effets sur la reproduction.

Toxicité aiguë

[4, 13, 16, 18 à 25]

Les effets dépendent de la dose, de la voie et de la durée de l'exposition.

L'exposition à des aérosols ou à des vapeurs d'ammoniac provoque, immédiatement, une irritation des muqueuses oculaires et respiratoires. À concentrations élevées, on observe :

- une irritation trachéobronchique : toux, dyspnée astmatiforme ; le bronchospasme est parfois intense, responsable d'emblée d'une détresse respiratoire ;
- une atteinte oculaire : larmoiement, hyperhémie conjonctivale, ulcération conjonctivale et cornéennes, iritis, cataracte, glaucome ;
- des brûlures chimiques cutanées au niveau des parties découvertes ;
- des ulcération et un œdème des muqueuses nasale, oropharyngée et laryngée.

À court terme, le pronostic dépend de l'évolution des troubles respiratoires : bronchospasme et œdème laryngé, puis œdème aigu pulmonaire lésionnel (survenant habituellement entre la 6^e et la 24^e heure, après une phase de rémission apparente). Secundoirement, l'hypersécrétion bronchique et la desquamation de la muqueuse sont responsables d'obstructions tronculaires et d'atélectasies ; la surinfection bactérienne est habituelle.

Les séquelles respiratoires (sténoses bronchiques, bronchiolite oblitérante, bronchectasies, fibrose pulmonaire) et oculaires (opacités cornéennes, cataracte, glaucome) sont fréquentes.

Les projections cutanées et oculaires d'ammoniaque sont responsables de lésions caustiques locales sévères, si une décontamination n'est pas rapidement réalisée. En cas de projection oculaire, les séquelles (opacités cornéennes, iritis, glaucome, cataracte) sont fréquentes.

L'ingestion d'une solution concentrée d'ammoniaque (pH > 11,5) est immédiatement suivie de douleurs buccales, rétrosternales et épigastriques. Les vomissements sont fréquents et habituellement sanguins. L'examen de la cavité buccopharyngée révèle, presque toujours, des brûlures sévères. La fibroscopie œsogastroduodénale permet de faire le bilan des lésions caustiques du tractus digestif supérieur. Le bilan biologique révèle une acidose métabolique et une élévation des enzymes tissulaires témoignant de la nécrose. L'hyperleucocytose est constante. Les complications pouvant survenir dans les jours suivant l'ingestion sont :

- des hémorragies digestives,
- des perforations œsophagiennes ou gastriques,
- un choc secondaire à une hémorragie abondante ou à une perforation,
- une acidose métabolique intense et/ou une coagulation intravasculaire disséminée (évoquant une nécrose étendue ou une perforation),
- une détresse respiratoire révélant un œdème laryngé, une destruction du carrefour aérodigestif, une pneumopathie d'inhalation ou une fistule œsotrachéale.

L'évolution ultérieure est dominée par le risque de constitution de sténoses digestives.

Toxicité chronique

[23, 26]

L'exposition prolongée et répétée à l'ammoniac entraîne une tolérance : l'odeur et les effets irritants du gaz sont perçus à des concentrations plus élevées qu'initialement.

Les quelques études transversales disponibles sur les travailleurs exposés à l'ammoniac au long cours mettent en évidence une augmentation de la prévalence de symptômes respiratoires et une diminution de la fonction respiratoire (notamment, réduction de la capacité vitale (CV) et du volume expiratoire maximal par seconde (VEMS) par rapport aux groupes contrôle).

Chez les salariés de l'industrie des fertilisants, les risques relatifs de symptômes ou maladies respiratoires (toux, expectorations, dyspnée avec sibilants, asthme) étaient significativement plus importants chez ceux exposés à des valeurs moyennes d'ammoniac supérieures à 25 ppm et chez ceux ayant une exposition cumulée supérieure à 70 ppm-année [27]. Chez ces derniers, le VEMS et la CV étaient diminués de 7,4 % et 5,4 %, respectivement, par rapport aux travailleurs moins exposés [28].

Pour ce qui est des expositions à de faibles concentrations, des atteintes de la fonction respiratoire ne sont pas observées systématiquement [29, 30].

Des rares cas d'atteinte pulmonaire interstitielle ont été rapportés, notamment chez un travailleur qui manipulait des photocopieuses et machines de développement de photographies, exposé pendant 18 ans à des niveaux d'ammoniac de 0-20 ppm, et présentant des symptômes respiratoires lors d'épisodes de fuites de gaz [31].

De l'asthme professionnel ou des symptômes asthmatiformes ont été associés à l'exposition à l'ammoniac dans le nettoyage, surtout en milieu de soins et dans la coiffure [32 à 34].

Deux cas d'urticaire chez des personnes exposées à des concentrations d'ammoniac élevées ont été décrits [35]. Il n'est pas possible d'être certain du mécanisme allergique de ces manifestations.

Effets génotoxiques

Une seule étude ancienne et peu détaillée a été identifiée, ne permettant pas de conclure. L'analyse d'échantillons de sang provenant de 22 travailleurs exposés à l'ammoniac dans une usine d'engrais a montré une fréquence augmentée des aberrations chromosomiques et des échanges de chromatides sœurs, ainsi qu'une augmentation de l'indice mitotique, par rapport à 42 travailleurs non exposés à l'ammoniac [36].

Effets cancérogènes

[4, 25]

Un cancer de la cloison nasale est survenu 6 mois après une brûlure par un mélange d'ammoniaque et d'huile chez un homme qui travaillait depuis 25 ans dans l'industrie de la réfrigération [37]. Il est impossible de déterminer la part de responsabilité de l'ammoniaque dans la genèse de la tumeur.

Effets sur la reproduction

[38]

Aucune donnée n'est disponible chez l'Homme à la date de publication de cette fiche toxicologique.

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : juin 2021.

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.

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).

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Article R. 4412-149 du Code du travail : Décret n° 2006-133 du 9 février 2006.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Européennes)

- Directive 2000/39/CE de la Commission du 8 juin 2000 (JOCE du 16 juin 2000).

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.

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.

Entreprises extérieures

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

Classification et étiquetage

- a) **substances** ammoniac anhydre et ammoniaque en solution aqueuse

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (*JOUE L 353 du 31 décembre 2008*)) introduit dans l'Union européenne le système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. La classification et l'étiquetage harmonisés de l'ammoniac anhydre et de l'ammoniaque en solution aqueuse figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. Les classifications sont :

- **ammoniac anhydre**

- Gaz sous pression ; H280 ou H281
- Corrosion, catégorie 1B ; H314
- Toxicité aiguë (par inhalation), catégorie 3 (*) ; H331
- Dangers pour le milieu aquatique – Danger aigu, catégorie 1 ; H400

Choix de la mention de danger H280 ou H281 : lorsqu'ils sont mis sur le marché, les gaz 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 emballé et, par conséquent, doit s'effectuer au cas par cas (Note U).

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

- **ammoniaque...%**

- Corrosion, catégorie 1B ; H314
- Dangers pour le milieu aquatique – Danger aigu, catégorie 1 ; H400

Pour plus d'informations, se reporter au site de l'ECHA (<https://chem.echa.europa.eu> et <https://echa.europa.eu/fr/regulations/clp/classification>).

- c) **mélanges** contenant de l'ammoniac anhydre ou de l'ammoniaque en solution aqueuse

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié

Des limites spécifiques de concentration ont été fixées pour l'ammoniaque en solution aqueuse quant à l'irritation des voies respiratoires.

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 autres 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 ainsi que des mesures d'hygiène à mettre en place et 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 [39].
- 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

- Pour la manutention et l'utilisation des bouteilles de gaz, se conformer **strictement** aux prescriptions du fabricant.
- L'installation d'une purge entre la bouteille et le détendeur est recommandée [12].
- Éviter tout contact de produit avec la peau et les yeux. Effectuer en **appareil clos** toute opération industrielle qui s'y prête. Dans tous les cas, prévoir une **aspiration du gaz à sa source d'émission**, ainsi qu'une **ventilation** des lieux de travail conformément à la réglementation en vigueur.
- Réduire le nombre de personnes exposées à l'ammoniac anhydre.
- Éviter tout rejet atmosphérique d'ammoniac anhydre.
- Faire contrôler annuellement l'exposition atmosphérique des salariés à l'ammoniac anhydre par un organisme accrédité, sauf dans le cas où l'évaluation des risques a conclu à un risque faible (§ Méthodes de détection et de détermination dans l'air). Prévoir un système d'alarme et un arrêt automatique de l'installation dès que la concentration dépasse la valeur limite d'exposition.
- Soumettre les installations à un entretien préventif régulier axé notamment sur l'étanchéité.

- Les équipements et installations conducteurs d'électricité utilisant ou étant à proximité de l'ammoniac 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 [40].
- 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 l'ammoniac doivent faire l'objet d'un permis de feu [41].
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu de l'ammoniac anhydre sans prendre les précautions d'usage [42].

Équipements de Protection Individuelle (EPI) : le choix des EPI dépend des conditions au poste de travail et de l'évaluation des risques professionnels. Ils ne doivent pas être source d'**électricité statique** (chaussures antistatiques, vêtements de protection et de travail dissipateurs de charges) [43, 44]. Une attention particulière sera apportée lors du retrait des équipements afin d'éviter toute contamination involontaire [45 à 47].

- Appareils de protection respiratoire : Prévenir l'inhalation de vapeurs ou de brouillards. Si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type K lors de la manipulation de la substance. Pour les interventions d'urgence, le port d'un appareil respiratoire isolant autonome est nécessaire [48].
- Gants : Les matériaux préconisés pour un contact prolongé sont par exemple les caoutchoucs butyle, nitrile, néoprène. Certains matériaux sont à éviter : caoutchouc naturel, PVC, PVA [49, 50]. Le point 8 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), leurs choix dépendent de l'**état physique** de la substance. **Seul le fabricant** peut confirmer la protection effective d'un vêtement contre la substance. Dans le cas de vêtements réutilisables, il convient de se conformer strictement à la notice du fabricant.
- Lunettes de sécurité : elles seront équipées de protections latérales et avec écran facial lors d'opérations spécifiques (ex : transvasement), cf. point 8 de la FDS du fournisseur.

Stockage

- Stocker l'ammoniac anhydre ou ses solutions aqueuses 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...). 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.
- Stocker les récipients en position verticale, fermement maintenus pour éviter tout risque de chute ou de choc.
- Fermer soigneusement** les récipients et les étiqueter conformément à la réglementation.
- Mettre à disposition dans ou à proximité immédiate du local/zone de stockage des moyens d'extinction adaptés à l'ensemble des produits stockés.
- Séparer** l'ammoniac anhydre des produits combustibles ou inflammables. Si possible, le stocker à l'**écart** des autres produits chimiques dangereux.

Déchets

- Le stockage des déchets doit suivre les mêmes règles que le stockage des substances à leur arrivée (§ stockage).
- Conserver les déchets et les produits souillés dans des récipients spécialement prévus à cet effet, **clos et étanches**. Les éliminer dans les conditions autorisées par la réglementation en vigueur.

En cas d'urgence

- En cas de fuite, **aérer** la zone et **évacuer** le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs **entraînés** et munis d'un **équipement de protection approprié**. Supprimer toute source d'inflammation potentielle.
- 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 **fontaines oculaires** et de **douches de sécurité**.
- 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

- Eviter d'exposer** les sujets atteints d'affections cutanées, cardio-pulmonaires chroniques ou de troubles du tractus digestif supérieur.
- Lors des visites initiales et périodiques :**
 - Examen clinique** : Rechercher des atteintes cutanées, cardio-pulmonaires ou digestives chroniques. Lors des visites périodiques, rechercher des lésions cutanées, oculaires, dentaires et pulmonaires ainsi que des signes d'irritation digestive.
 - 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.
- Autres** : Déconseiller le port de lentilles de contact souples hydrophiles lors de travaux pouvant potentiellement exposer à des vapeurs ou aérosols de cette substance

Conduites à tenir en cas d'urgence

- En cas de contact cutané** : Appeler immédiatement un SAMU. Retirer les vêtements souillés (avec des gants adaptés) et laver la peau immédiatement et abondamment à grande eau pendant au moins 15 minutes. Dans tous les cas consulter un médecin.
- 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 ophtalmologue, et le cas échéant 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 toutes les précautions nécessaires pour les sauveteurs. Si la victime est consciente, la maintenir au maximum au repos. 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 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 d'ingestion :** En cas d'ingestion d'une solution concentrée dont le pH est supérieur à 11,5, ou d'une solution dont le pH n'est pas connu, quelle que soit la quantité absorbée, appeler immédiatement un SAMU ou un centre antipoison, faire transférer la victime en milieu hospitalier dans les plus brefs délais. 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, faire rincer la bouche avec de l'eau, ne pas faire boire, ne pas tenter de provoquer des vomissements. En cas d'ingestion de quelques gouttes d'une solution diluée (pH inférieur à 11,5), appeler rapidement un centre anti poison. 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, faire rincer la bouche avec de l'eau, ne pas faire boire, pas tenter de provoquer des vomissements. En cas de symptômes (douleurs rétrosternales ou abdominales, nausées, vomissements..), consulter un médecin.
- **Autres :** Préciser si possible, le pH de la solution responsable. Les risques sont particulièrement graves lorsque le pH est supérieur à 11,5.

Bibliographie

- 1 | Kirk Othmer - Encyclopedia of Chemical Technology, 4^e édition, New York, John Wiley and sons, vol. 2, 1992, pp. 638-688.
- 2 | Encyclopédie des gaz. Paris, l'Air Liquide, 1976, pp. 951-972.
- 3 | Matheson gas data book. Secaucus, Matheson gas products, 1980, pp. 2333.
- 4 | Occupational health guideline for ammonia. Cincinnati, NIOSH/OSHA, 1981.
- 5 | Pascal P. - Nouveau traité de chimie minérale. Paris, Masson, 1956, tomeX, pp. 76-155.
- 6 | Ammoniac. In : Base de données « Réactions chimiques dangereuses ». INRS, (<https://www.inrs.fr/publications/bdd/rcdAG.html>).
- 7 | Sax N.I. - Dangerous properties of industrial materials. New York, Londres, Van Nostrand Reinhold Company, 1984, p. 257.
- 8 | Bretherick's handbook of reactive chemicals hazards, 6^e édition, vol. 1. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1999, pp. 1657-1661.
- 9 | Fire protection guide to hazardous materials, 13^e édition, Amy Beasley Spencer and Guy R. Colonna, PE, editors. NFPA International, 1997.
- 10 | Ammonia in workplace atmospheres – solid sorbent. Method ID-188. In : OSHA Sampling and Analytical Methods. OSHA, 2002 (<https://www.osha.gov/dts/srlc/methods/index.html>).
- 11 | Ammoniac et sels d'ammonium M-13. In : MétroPol. INRS, 2015 (<http://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html>).
- 12 | Ammoniac. Fiche de données de sécurité. Air Liquide, 201.
- 13 | Clayton G.D., Clayton F.E. - Patty's industrial hygiene and toxicology, 3^e édition, vol. II B. New York, John Wiley and sons, 1981, pp. 3 045-3 070.
- 14 | Richard D., Jouany J.-M., Boudene C. - Toxicité aiguë par voie aérienne du gaz ammoniac chez le lapin. C.R. Acad. Sci., 1978, 287, pp. 375-378.
- 15 | Dodds K.T., Gross D.R. - Ammonia inhalation toxicity in cats. A study of acute and chronic respiratory dysfunction. *Arch. Env. Health*, 1980, 35, pp. 6-14.
- 16 | Grant W.M. - Toxicology of the eye, 2^e édition. Springfield, C.C. Thomas Publishers, 1974, pp. 121-128.
- 17 | Richard D., Bouley G., Boudene C. - Effets de l'inhalation continue d'ammoniac chez le rat et la souris. *Bull. Eur. Physiopath. Resp.*, 1978, 14, pp. 573-582.
- 18 | Pontal P.G., Brun J.-G., Lorimier G. - Brûlures caustiques du tractus digestif supérieur. *Rev. Méd.*, 1983, 4-5, pp. 191-195.
- 19 | Gaultier M et al. - À propos de 3 cas d'intoxication aiguë par l'ammoniac. Évolution clinique et biologique. *Ann. Méd. Lég.*, 1964, 4, pp. 357-361.
- 20 | Walton M - Industrial ammonia gassing. *Brit. J. Ind. Med.*, 1973, 30, pp. 78-86.
- 21 | Taplin GV et al. - Radionuclidic lung-imaging procedures in the assessment of injury due to ammonia inhalation. *Chest*, 1976, 5, pp. 582-586.
- 22 | Flur KE et al. - Airway obstruction due to inhalation of ammonia. *Mayo Clin. Proc.*, 1983, 58, pp. 389-393.
- 23 | ANSES - AVIS et RAPPORT de l'Anses relatif à l'élaboration de VTR aiguë, subchronique et chronique par voie respiratoire pour l'ammoniac (CAS n°7664-41-7). 2018 (<https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2016SA0118Ra.pdf>).
- 24 | Ammonium hydroxide (10 %-35 % solution). Fiche IPCS. ICSC 0215. International Labour Organization (ILO), 2018 (<https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.home>).
- 25 | Ammonia (anhydrous). Fiche IPCS. ICSC 0414. International Labour Organization (ILO), 2013 (<https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.home>).
- 26 | Toxicological Review of Ammonia. Environmental Protection Agency (US EPA), 2016 (<https://www.epa.gov/iris>).
- 27 | Ballal SG, Ali BA, Albar AA, Ahmed HO, al-Hasan AY - Bronchial asthma in two chemical fertilizer producing factories in eastern Saudi Arabia. *Int J Tuberc Lung Dis.* 1998 Apr ;2(4):330-5.
- 28 | Ali BA, Ahmed HO, Ballal SG, Albar AA - Pulmonary function of workers exposed to ammonia : a study in the Eastern Province of Saudi Arabia. *Int J Occup Environ Health.* 2001 Jan-Mar ;7(1):19-22. doi : 10.1179/107735201800339669.
- 29 | Neghab M, Mirzaei A, Kargar Shouraki F et al - Ventilatory disorders associated with occupational inhalation exposure to nitrogen trihydride (ammonia). *Ind Health.* 2018 Oct 3 ;56(5):427-435. doi : 10.2486/indhealth.2018-0014.
- 30 | Holness DL, Purdham JT, Nethercott JR - Acute and chronic respiratory effects of occupational exposure to ammonia. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1989 Dec ;50(12):646-50. doi : 10.1080/15298668991375308.
- 31 | Brautbar N, Wu MP, Richter ED - Chronic ammonia inhalation and interstitial pulmonary fibrosis : a case report and review of the literature. *Arch Environ Health.* 2003 Sep ;58(9):592-6.
- 32 | Arif AA, Delclos GL - Association between cleaning-related chemicals and work-related asthma and asthma symptoms among healthcare professionals. *Occup Environ Med.* 2012 ;69(1):35-40. doi : 10.1136/oem.2011.064865.
- 33 | Dumas O, Kauffmann F et Le Moual N - Asthme et expositions aux produits de nettoyage. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement.* 2013 ; 74. 117-129. 10.1016/j.admp.2012.12.014.
- 34 | Testud F - Toxicologie médicale professionnelle et environnementale. 5^e édition. Paris : Éditions ESKA ; 2018.

- 35 | Morris G.E. - Urticaria following exposure to ammonia fumes. *Arch. Ind. Health* ; 1956;13(5) :480.
- 36 | Yadav JS, Kaushik VK - Genotoxic effect of ammonia exposure on workers in a fertility factory. *Indian J Exp Biol.* 1997 ; 35(5) :487-492.
- 37 | Shimkin MB, de Lorimier AA, Mitchell JR et al. - Appearance of carcinoma following single exposure to a refrigeration ammonia-oil mixture. *Arch Ind Hyg Occup Med.* 1954 ; 9 :186-193.
- 38 | Ammonia. In : Reprotox. Reproductive Toxicology Center, 2020 (<https://reprotox.org/>).
- 39 | Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX) – Guide méthodologique. Brochure ED 945. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 40 | Phénomènes électrostatiques. Brochure ED 6354. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 41 | Le permis de feu. Brochure ED 6030. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 42 | 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 CNAMETS R 435. Assurance Maladie, 2008 (http://www.ameli.fr/val-de-marne/entreprise/tableau_recommandations).
- 43 | 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>).
- 44 | EPI et vêtements de travail : mieux comprendre leurs caractéristiques antistatiques pour prévenir les risques d'explosion. Notes techniques NT33. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 45 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer ses gants en toute sécurité. Gants à usage unique ou réutilisables, ED 6168 et 6169. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 46 | Quels vêtements de protection contre les risques chimiques. Fiche pratique de sécurité ED 127. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 47 | Les équipements de protection individuelle des yeux et du visage - Choix et utilisation. Brochure ED 798. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 48 | Les appareils de protection respiratoire - Choix et utilisation. Brochure ED 6106. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 49 | Forsberg K, Den Borre AV, Henry III N, Zeigler JP – Quick selection guide to chemical protective clothing. 6th ed. Hoboken : John Wiley & Sons ; 260 p.
- 50 | Ammoniac. In : ProtecPo Logiciel de pré-sélection de matériaux de protection de la peau. INRS-IRSST, 2011 (<https://protecpo.inrs.fr/ProtecPo/jsp/Accueil.jsp>).

Historique des révisions

1 ^{re} édition	1965
2 ^e édition	1982
3 ^e édition (mise à jour partielle)	1987
4 ^e édition (mise à jour partielle)	1997
5 ^e édition (mise à jour partielle)	2007
6 ^e édition (mise à jour partielle) ■ Utilisations ■ Méthodes de détection et de détermination dans l'air ■ Incendie-Explosion ■ Réglementation ■ Recommandations techniques et médicales	Juillet 2018
7 ^e édition (mise à jour partielle) ■ Toxicité sur l'Homme ■ Bibliographie	Juin 2021