

RAPPORT D'ÉTUDE
DRA-14-141532-08504B

24/03/2015

DRA 71 – Opération A1
Benchmark réfrigération à l'ammoniac

INERIS

*maîtriser le risque |
pour un développement durable |*

DRA71 – Opération A1
Benchmark réfrigération à l'ammoniac

INERIS

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Valérie DE DIANOUS, Sophie HUBIN

PRÉAMBULE

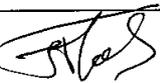
Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Relecture	Vérification		Approbation
NOM	Sophie HUBIN	Valérie De DIANOUS	Frédéric MERLIER	Guillaume CHANTELAUVE	Sylvain CHAUMETTE
Qualité	Ingénieur de l'Unité Démarche Intégrée d'Analyse et de Gestion des risques Direction des Risques Accidentels	Responsable du programme DRA 71 Direction des Risques Accidentels	Responsable de l'Unité Démarche Intégrée d'Analyse et de Gestion des risques Direction des Risques Accidentels	Délégué Appui à l'administration Direction des Risques Accidentels	Responsable du Pôle Analyse et Gestion Intégrées des Risques Direction des Risques Accidentels
Visa					

Sommaire

1. INTRODUCTION	7
1.1 Objet et plan du rapport.....	7
1.2 Champ de l'étude	7
1.2.1 Pays étudiés	7
1.2.2 Documents retenus.....	8
1.2.3 Limites de l'étude.....	8
1.3 Méthodologie pour la réalisation du benchmark.....	9
2. PRESENTATION GENERALE DES INSTALLATIONS DE REFRIGERATION A L'AMMONIAC	11
2.1 Principe de la réfrigération a l'ammoniac	11
2.2 Configuration des installations	12
2.2.1 Systèmes mono-étagés ou bi-étagés	13
2.2.2 Position du condenseur	13
2.2.3 Système direct ou indirect côté froid.....	13
2.3 Position de l'ammoniac dans la liste des fluides frigorigènes utilisés en général en réfrigération	14
3. ACCIDENTOLOGIE DES INSTALLATIONS DE REFRIGERATION A L'AMMONIAC.....	15
3.1 Causes d'accidents et phénomènes dangereux selon la norme européenne NF EN 378	15
3.2 Analyse générale de l'accidentologie en France et à l'étranger	16
4. COMPARAISON DOCUMENTAIRE EN REFERENCE A LA NORME NF EN 378.....	21
4.1 Norme NF EN 378.....	21
4.2 Présentation des documents retenus.....	22
4.2.1 Les réglementations	22
4.2.2 Le standard de l'ANSI/ASHRAE 15-2010 (USA)	23
4.2.3 Les guides et codes.....	23
4.3 Axes de comparaison.....	25
4.3.1 Exigences d'accès en SDM	26
4.3.2 Rétentions	26
4.3.3 Détection d'ammoniac en SDM	27
4.3.4 Alarme	31
4.3.5 Ventilation.....	32
4.3.6 Arrêt des installations et isolement	35
4.3.7 Prévention et protection contre les incendies et les explosions	37
4.3.8 Prévention de la surpression dans les installations	41
4.3.9 Prévention des fuites d'ammoniac.....	44
4.3.10 Maîtrise des interventions techniques	48
4.3.11 Contrôle et inspection des installations	51

4.3.12	Maîtrise des activités humaines	57
4.3.13	Protection générale des personnes.....	61
4.3.14	Distances de sécurité	65
5.	RESULTATS ET ANALYSE DE LA COMPARAISON.....	67
6.	CONCLUSIONS	69
7.	BIBLIOGRAPHIE	71
8.	ANNEXES.....	73

GLOSSAIRE

- AFF Association Française du Froid
- AFNOR Association Française de NORmalisation
- ANSI American National Standards Institute
- ARI Appareil Respiratoire Isolant
- ASME American Society of Mechanical Engineers
- ASTM American society for testing and material
- ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

- ATEX ATmosphère EXplosible
- BARPI Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels
- BAU Bouton d'Arrêt d'Urgence
- BLEVE Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
- BP Basse Pression
- BSI British Standards Institute
- CCN Conseil Canadien des Normes
- CF Coupe Feu
- CSST Commission de la Santé et de la Sécurité au Travail
- CFC Chloro-Fluoro Carbonés
- DIN Deutsches Institut für Normung
- HCFC Hydro-Chloro-Fluoro-Carbonés
- HFC Hydrofluorocarbones
- HP Haute Pression
- EPI Equipement de Protection Individuelle
- ESP Equipement Sous Pression
- IIAR International Institute of Ammonia Refrigeration
- IBN Institut Belge de Normalisation (remplacement par Bureau Belge de Normalisation)

- IPO Concertation Interprovinciale Néerlandaise
- IOR Institute Of Refrigeration
- ICPE Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
- INERIS Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
- KNVvK Koninklijke Nederlandse Vereniging voor Koude
- LII Limite Inférieure d'Inflammabilité

- NVBR Association Néerlandaise pour le Service Incendie et les interventions d'urgence
- NFPA National Fire Protection Association
- P&ID Piping & Instrumenting Diagram
- ppm partie par million
- MP Moyenne Pression
- SDM Salle Des Machines
- SNV Swiss Association for Standardization
- TUKES Office Finlandais de la sécurité et des produits chimiques
- USNEF Union Syndicale Nationale des Exploitants Frigorifiques
- VTT Technical Research centre of Finland
- VNG Association des communes néerlandaises

1. INTRODUCTION

1.1 OBJET ET PLAN DU RAPPORT

En raison de ses propriétés thermodynamiques, l'ammoniac est un fluide couramment utilisé dans la réfrigération industrielle, comme par exemple, dans les industries agro-alimentaires ou les entrepôts frigorifiques.

Toutefois, l'ammoniac est aussi une source de dangers pour l'homme à cause notamment de sa toxicité et des risques d'inflammation en zone confinée qu'il présente. Le retour d'expérience sur les installations de réfrigération à l'ammoniac montre, en effet, que des rejets sont possibles. Les rejets ont conduit, dans quelques cas seulement (uniquement sur des employés de l'installation de réfrigération) à la mort de personnes.

C'est pourquoi une réglementation spécifique encadre cette activité dans tous les pays industrialisés. En France, les textes réglementaires principaux qui régissent ce type d'installations sont les arrêtés ministériels du 16 juillet 1997 et du 19 novembre 2009.

Nous avons réalisé une étude comparative des réglementations et des pratiques dans les pays où ces installations sont fréquemment utilisées.

C'est l'objet du présent rapport, dont la rédaction a été menée en parallèle avec le guide pour la rédaction des études de dangers de réfrigération à l'ammoniac (Réf : DRA-12-141532-11390B).

Le rapport s'organise autour des chapitres suivants :

- le chapitre 2 présente les typologies d'installations de réfrigération à l'ammoniac ;
- le chapitre 3 traite de l'accidentologie ;
- le chapitre 4 présente une comparaison documentaire ;
- le chapitre 5 traite des résultats et analyse de la comparaison.

1.2 CHAMP DE L'ETUDE

1.2.1 Pays étudiés

Cette étude s'est concentrée sur les installations de réfrigération à l'ammoniac des pays d'Europe et d'Amérique du Nord suivants :

- l'Allemagne,
- l'Espagne,
- la Finlande,
- les Pays-Bas.
- les USA,
- la Grande Bretagne,
- le Canada.

1.2.2 Documents retenus

Les différents documents retenus ont été classés selon trois catégories : les réglementations, les normes/standards et les guides/codes.

- Les réglementations nationales sont d'application obligatoire dans le pays étudié dès lors que l'installation entre dans le champ du texte (selon la nature de l'installation et la capacité d'ammoniac mise en œuvre) ;
- Les normes/standards sont établis par un organisme mandaté tel que l'AFNOR (France), l'ANSI (USA), le BSI (Royaume-Uni), le CCN (Canada), le DIN (Allemagne), l'IBN (Belgique), le SNV (Suisse)... et les exigences de ces documents sont d'application obligatoire si la réglementation y renvoie ;
- Les codes et les guides regroupant des « bonnes pratiques » sont édités par des organismes tels que les regroupements d'assureurs ou les syndicats professionnels et s'apparentent à des recommandations.

Ces documents couvrent de manière hétérogène les différents items composant le cycle de vie d'une installation de réfrigération à l'ammoniac, des aspects conceptuels jusqu'à l'arrêt définitif des installations, en passant par le fonctionnement sécuritaire, les contrôles, l'entretien ou encore les inspections.

L'ensemble des documents étudiés est présenté au chapitre 4.2.

1.2.3 Limites de l'étude

Certains documents ne relatent pas de tous les items présentés au chapitre 4.3. En outre, ces documents se réfèrent souvent à d'autres normes ou réglementations nationales ou internationales.

Les textes généraux de portée communautaire sont d'application obligatoire par l'intermédiaire des transpositions par les Etats membres. Ces textes ne sont pas étudiés dans le cadre de ce benchmark. On retrouve ainsi pour certains d'entre eux la directive 97/23/CE relative aux Equipement Sous Pression (ESP), la directive 94/9/CE relative aux équipements destinés à être utilisés en zones ATEX et la directive machines 2006/42/CE et bien d'autres encore.

La norme NF EN 378 « Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur, exigences de sécurité et d'environnement », document qui a servi de base à notre étude comparative, fait aussi elle-même référence à d'autres normes conceptuelles qui n'ont pas été analysées.

Aucun des documents étudiés n'est donc autoporteur.

Aussi, l'absence d'éléments précis sur un item dans le document étudié ne signifie pas forcément que le sujet ne fait l'objet d'aucune exigence ou d'aucune recommandation dans le pays concerné.

En Espagne, la réglementation est composée de plusieurs parties. Seules deux parties ont été étudiées car ce sont celles qui semblaient le plus en lien avec les items ciblés dans notre étude.

Il convient de noter que seule la version originale des documents étudiés faisant foi, nous ne serions être tenus responsables de toute inexactitude ou imprécision figurant dans la traduction de ces documents.

1.3 METHODOLOGIE POUR LA REALISATION DU BENCHMARK

Pour effectuer notre recherche documentaire sur les guides, codes ou autres réglementations, nous nous sommes rapprochés d'organismes européens et d'industriels qui nous ont aidés à recenser les documents les plus pertinents. Une recherche a également été effectuée sur internet et par l'intermédiaire de certains organismes professionnels comme l'Association Française du Froid (AFF) ou l'Union Syndicale Nationale des Exploitants frigorifiques (USNEF).

Pour comparer les documents spécifiques aux différents pays, nous avons retenu comme base la norme européenne NF EN 378 relative aux « Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur, exigences de sécurité et d'environnement », norme que les instituts de normalisation des pays comme la France, l'Allemagne, l'Espagne, les Pays-Bas, le Royaume-Uni ou encore la Finlande ont adoptée et dont les recommandations peuvent être rendues obligatoires par des textes réglementaires.

Notons que nous nous sommes focalisés sur des exigences qui couvrent les installations qui sont les plus fréquentes en France, c'est-à-dire dont la capacité en ammoniac est supérieure à 1,5 tonnes. Ceci correspond au régime de l'autorisation au titre des ICPE au titre de la rubrique n°4735 de la nomenclature (mise en œuvre d'ammoniac).

En pratique, le lecteur trouvera au fil du rapport des comparaisons par types d'exigences et une synthèse présentée sous format tabulaire.

2. PRESENTATION GENERALE DES INSTALLATIONS DE REFRIGERATION A L'AMMONIAC

Afin de comprendre l'ensemble des exigences techniques développées dans ce rapport, une présentation des installations de réfrigération et de leurs performances frigorifiques s'impose.

2.1 PRINCIPE DE LA REFRIGERATION A L'AMMONIAC

La réfrigération à l'ammoniac fonctionne selon le principe général de réfrigération décrit dans le schéma suivant.

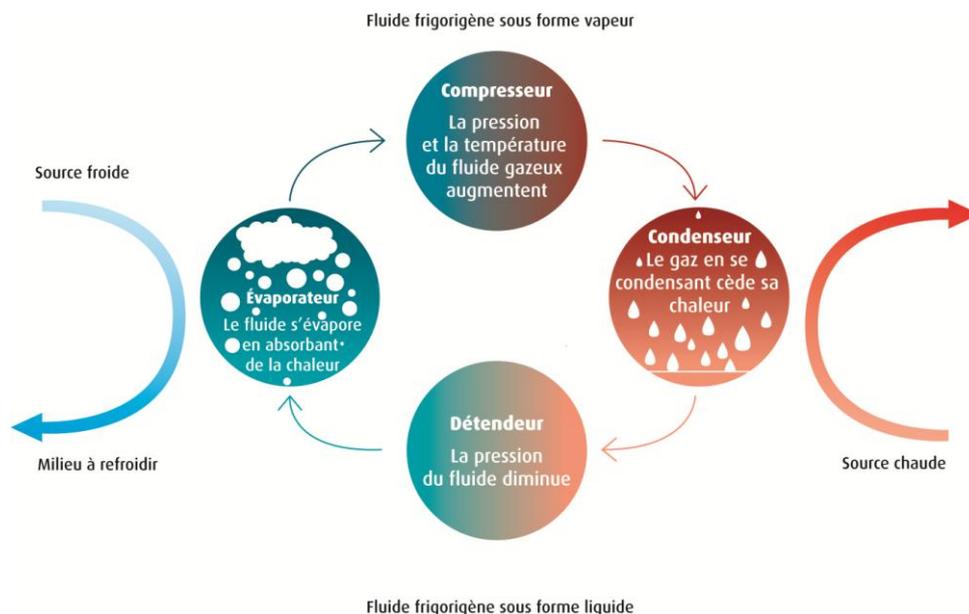


Figure 1 : Schéma de principe d'une installation de réfrigération

La production de froid est assurée au niveau d'un évaporateur situé dans un système à refroidir : tunnel de surgélation, chambre froide, etc. Un liquide frigorigène, plus froid que le milieu à refroidir, est évaporé dans cet évaporateur. Le fluide suit ensuite un cycle frigorifique avec compression, condensation et détente.

Le choix des caractéristiques de l'installation (températures et pressions) est imposé par les températures de la source froide et de la source chaude.

- **Évaporateur** : la température d'évaporation du fluide doit être plus basse que celle du milieu à refroidir ; selon les températures de froid à maintenir le côté BP du système sera de 0,7 bar abs à 5 bar abs ; à noter qu'en phase d'arrêt d'installation, l'ammoniac est ramené dans le ballon séparateur et la pression est celle correspondante à la température ambiante, soit environ 8 bar abs.
- **Condenseur** : la température de condensation doit être plus élevée que celle du milieu constituant la source chaude. Selon les sources de refroidissement (eau ou air) et les saisons (température de l'air variable), la pression côté Haute Pression (HP) sera de 8 bars abs à 13,5 bars abs.

- **Compresseur** : le fluide est comprimé dans un compresseur en recevant de l'énergie ; la pression et la température de fin de compression permettent d'assurer ensuite l'échange avec la source chaude au niveau du condenseur ;
- **Détendeur** : le fluide est détendu ; sa pression diminue ; il commence à se vaporiser.

La courbe d'équilibre de l'ammoniac est présentée ci-dessous. Elle illustre le lien entre les températures à la source froide et chaude et les pressions dans les circuits basse pression (BP) et haute pression (HP).

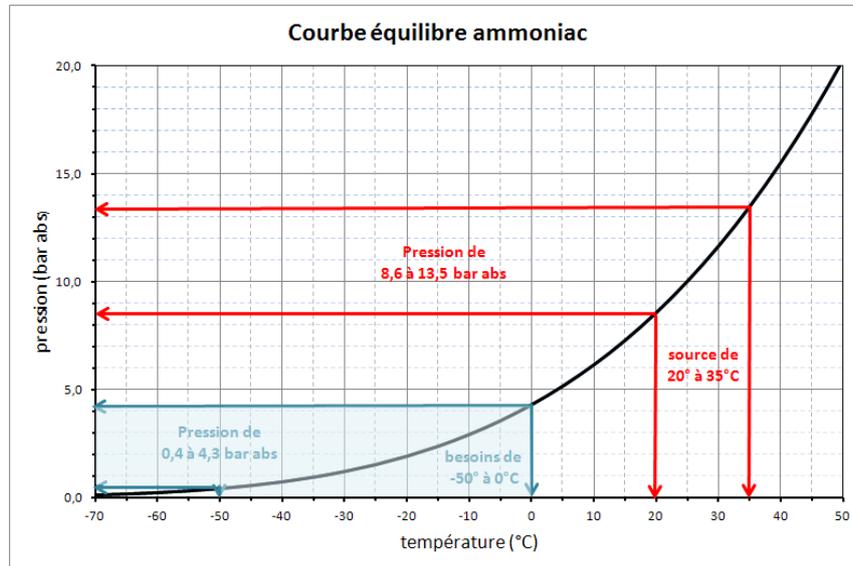


Figure 2: Courbe équilibre ammoniac

Selon les utilisations, on peut regrouper les installations de réfrigération à l'ammoniac en trois grandes catégories :

Utilisation	Systèmes	Température requise
Surgélation/ congélation	Basse ou moyenne température	-50°C à -25°C
Réfrigération (négative)	Haute température	-10°C à 0°C
Réfrigération (positive)	Très haute température	> 0°C

Tableau 1 : Régime de froid

2.2 CONFIGURATION DES INSTALLATIONS

Les équipements d'une installation de réfrigération sont regroupés en grande partie dans un local appelé « salle des machines » (abrégé « SDM » dans le reste du rapport), sachant que les évaporateurs situés dans les locaux à refroidir et les tuyauteries de liaison sont naturellement situés en dehors de la SDM.

Les installations peuvent présenter des variantes qui doivent être prises en compte dans les analyses de risques :

- possibilité de plusieurs niveaux de pression ;
- position de certains équipements en dehors de la salle des machines (condenseur notamment) ;
- suppression des équipements contenant de l'ammoniac à l'extérieur de la salle des machines par mise en œuvre de systèmes indirects.

Ces différentes configurations sont illustrées dans les sous-chapitres suivants.

2.2.1 Systèmes mono-étagés ou bi-étagés

Si la différence de pression entre le côté BP et le côté HP est importante, deux étages de compression peuvent être nécessaires. En pratique, en cas de systèmes bi-étagés, l'installation sera composée soit de deux compresseurs (BP -> MP et MP -> HP) avec refroidissement intermédiaire dans un ballon Moyenne Pression (MP) soit d'un seul compresseur avec admission à deux niveaux de pression (BP et MP) ; on parle dans ce dernier cas de système « superfeed ».

Si l'écart de pression n'est pas trop important, un seul compresseur est nécessaire (BP→HP).

2.2.2 Position du condenseur

Le condenseur peut être installé en salle des machines ou à l'extérieur de la salle des machines. La position dépend du fluide utilisé pour la condensation :

- **des condenseurs de type aéro**, fonctionnant par refroidissement par air éventuellement couplé avec de l'eau, **sont nécessairement à l'extérieur** ; l'inconvénient majeur de cette configuration est que les effets sont majorés en cas de fuite ;
- **des condenseurs fonctionnant par refroidissement par eau** : ces condenseurs **peuvent être installés à l'intérieur** de la salle des machines.

2.2.3 Système direct ou indirect côté froid

Le refroidissement du milieu à refroidir peut s'effectuer soit directement soit indirectement.

- **système direct** : le milieu à refroidir est en contact avec l'évaporateur où se vaporise le fluide frigorigène (ammoniac) produisant le froid ; le refroidissement direct est beaucoup utilisé dans les industries agroalimentaires pour la réfrigération, la congélation et le stockage à des températures supérieures à 0°C. L'inconvénient de ce type de refroidissement est que l'ammoniac BP n'est pas confiné en salle des machines.

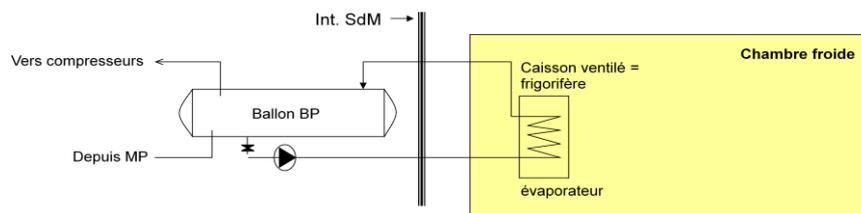


Figure 3 : système direct

- **système indirect** : le refroidissement est indirect lorsque le transfert est assuré par un fluide intermédiaire (fluide frigoporteur) circulant dans un circuit fermé (circuit frigoporteur). Un système d'échangeur de chaleur entre l'ammoniac et le fluide frigoporteur (eau glycolée, saumures, alcali...) est utilisé. Ce type de refroidissement permet de confiner l'ammoniac BP à la salle des machines.

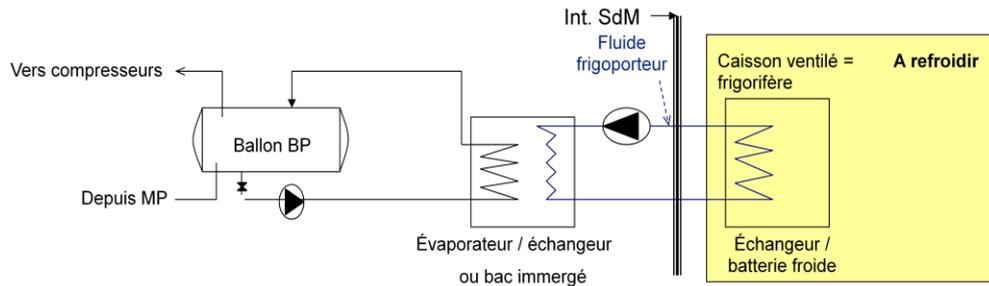


Figure 4 : système indirect

Des variantes d'installations figurent dans l'annexe 1 du guide pour la rédaction des études de dangers de réfrigération à l'ammoniac (Réf : DRA-14-141532-11390B).

2.3 POSITION DE L'AMMONIAC DANS LA LISTE DES FLUIDES FRIGORIGENES UTILISES EN GENERAL EN REFRIGERATION

Les fluides frigorigènes sont des fluides chimiques purs ou en mélange utilisés dans les circuits frigorifiques. Leur choix par le frigoriste dépend d'un certain nombre de critères :

- internes au procédé : thermodynamiques, thermiques et technologiques ;
- externes à l'installation : effets des fluides frigorigènes sur l'environnement.

Les fluides frigorigènes « historiques » sont les fluides dits naturels : ammoniac, CO₂ et SO₂.

Les fluides de synthèse sont apparus beaucoup plus tard, dans les années 1930 :

- les ChloroFluorocarbures (CFC) : R11, R12, R502... ;
- les HydroChloroFluoroCarbures (HCFC) : R22... ;
- les HydroFluoroCarbures (HFC) : R134a, R404A, R407C ou R410A.

Suite aux Protocoles de Montréal (1987) et de Kyoto (1997), l'usage des fluides à base de chlore (CFC et HCFC) a été progressivement limité à cause de leur impact sur la couche d'ozone et sur le réchauffement climatique. La part importante des HCFC est donc en train de décliner au profit de fluides comme l'ammoniac¹.

¹Source : Inventaires des Emissions des fluides frigorigènes et leurs prévisions d'évolution jusqu'en 2025 » - Mines Paris Tech/ Armines – Mai 2011

3. ACCIDENTOLOGIE DES INSTALLATIONS DE REFRIGERATION A L'AMMONIAC

Le retour d'expérience sert à tirer profit de situations accidentelles passées afin de mieux identifier les circonstances possibles d'accidents qui pourraient survenir. On trouvera dans ce chapitre une liste des principales causes d'accidents et des phénomènes dangereux associés aux installations de réfrigération à l'ammoniac ainsi que l'analyse générale de l'accidentologie en France et à l'étranger sur ce type d'installations.

Les causes identifiées dans ce chapitre se retrouvent dans les divers sous-chapitres de la comparaison documentaire (cf. chapitre 4.3). Les mesures de prévention ou de limitation des effets des événements consécutifs à ces causes y sont identifiées.

3.1 CAUSES D'ACCIDENTS ET PHENOMENES DANGEREUX SELON LA NORME EUROPEENNE NF EN 378

La norme NF EN 378 relative aux « Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur, exigences de sécurité et d'environnement » a identifié un ensemble de causes d'accidents et de phénomènes dangereux sur le fluide ammoniac (système direct ou indirect) qui sont listés ci-après.

Causes d'accidents :

- basse température qui fragilise les métaux,
- congélation des liquides en espace clos (eau, eau glycolée),
- contraintes thermiques,
- changements de volume dus aux changements de température,
- augmentation de pression de condensation par refroidissement inadéquat (pression partielle de gaz non condensables ou accumulation d'huile/fluide frigorigène en phase liquide),
- augmentation de pression de vapeur saturée liée à un échauffement excessif externe (refroidisseur de liquide, dégivrage de refroidisseur d'air, température ambiante élevée et installation à l'arrêt),
- dilatation du fluide frigorigène en phase liquide dans un espace en l'absence de vapeur (élévation de température externe),
- effet domino (effets thermiques),
- charge excessive ou équipement noyé,
- présence de liquide dans les compresseurs (siphonage/condensation),
- coup de bélier dans les tuyauteries,
- mauvaise lubrification (huile diluée),
- condensation lors d'un choc,
- vibrations entraînant des contraintes matérielles.

Phénomènes dangereux :

- incendie,
- explosion,
- dispersion toxique de fluide,
- dispersion toxique de fumées de combustion.

La norme met en évidence les conséquences potentielles de ces phénomènes sur les opérateurs à leur poste de travail qui se manifestent de la manière suivante :

- gelures (effets du froid),
- attaque des tissus (effets caustiques),
- « asphyxie » (effets toxiques),
- blessures par machines tournantes (effets de projections).

3.2 ANALYSE GENERALE DE L'ACCIDENTOLOGIE EN FRANCE ET A L'ETRANGER

Cette partie de synthèse sur l'accidentologie a été réalisée en 2013 avec le concours du BARPI.

Du point de vue des indicateurs généraux, entre 1958 et juin 2013, 944 cas (sur plus de 43 000 recensés par la base ARIA) sont potentiellement liés à des installations de réfrigération, tous fluides confondus, dont 792 cas concernent le territoire national. Parmi ces accidents sur le territoire français, 525 concernent des installations de réfrigération à l'ammoniac. Sur ces 525 accidents, 234 ont conduit à une émission de frigorigène liquide, gazeux ou en solution.

Sur ces 234 cas nationaux concernant la réfrigération à l'ammoniac, la répartition par type de phénomènes dangereux est approximativement la suivante :

Rejet dangereux (dont rejet prolongé 80%)	100%
• dans atmosphère	88%
• dans les eaux de surface	8,5%
• sur le sol / en rétention	18%
Incendie	6,0%
Explosion	2,1%
Chute / projection d'équipements	2,6%
Effets dominos	3,4%

Tableau 2 : Répartition des principaux phénomènes parmi les cas impliquant la réfrigération NH3

Des émissions directes (ouvertures de tuyauteries, soupapes...) et indirectes (évaporation de flaques) d'ammoniac sont évoquées dans plus de 95% des événements répertoriés, des fuites d'NH3 liquide dans au moins 25% des événements et des rejets de solutions ammoniacales dans 8 à 10% des événements.

D'un point de vue du milieu récepteur des fuites d'ammoniac, les rejets ont entraîné des pollutions de l'air et odeurs (26%) et / ou des eaux superficielles (8,2%) avec atteintes de la faune aquatique (8,2%).

Des dommages matériels sont relevés dans 63% des accidents et des pertes d'exploitation dans 34% des événements étudiés.

Enfin plusieurs incendies ont entraîné des fuites de frigorigène par effet domino (montées en pression des installations prises dans les flammes, ruptures d'équipements...).

Note : Dans la répartition du tableau 2, la part de 2,1% « d'explosion » n'est pas accompagnée d'une explication précise sur le type de phénoménologie mise en cause ; s'agit-il d'une réaction de combustion de vapeurs inflammables ou d'un éclatement pneumatique ? Des cas de BLEVE (0,9%) y sont inclus. Dans quelques cas, une explosion s'est vraiment produite (inflammation de l'atmosphère explosible formée suite à une fuite et inflammation par des équipements électriques inadaptés).

Note : Le terme incendie ne signifie pas nécessairement incendie des installations de réfrigération. Il peut s'agir d'incendies ayant impacté des installations connexes (entrepôt par exemple) et qui auraient pu générer par effet domino des pertes de confinement sur l'installation de réfrigération. L'analyse de l'accidentologie de la réfrigération à l'ammoniac montre qu'une partie des incendies concerne effectivement des incendies dans des stockages connexes, des équipements annexes... Des incendies en salle des machines ou au niveau des utilisateurs ont cependant été relevés.

En rapport avec les utilisations classiques de l'ammoniac, l'activité impliquée a été identifiée dans 230 des cas étudiés ; 6 secteurs d'activités sont particulièrement concernés (en %) :

Activités principales concernées	%
10 – Industrie agroalimentaire	69%
52 – Entreposage et services auxiliaires de transport	8,3%
46 – Commerce de gros	6,1%
11 – Fabrication de boissons	4,8%
20 – Industrie chimique	3,5%
93 – Activités sportives, récréatives et de loisirs	3,5%

Figure 5 : Principaux secteurs d'activités concernés par des accidents

Les conséquences de ces accidents montrent que sont survenus :

- 1,3% de décès (4 personnes),
- 44% de blessés/intoxiqués/incommodés (600 personnes),
- 12% de personnes évacuées (environ 2760 personnes),
- 5,6% de personnes confinées (environ 2100 personnes).

Quelques cas mortels sont recensés (employés et frigoristes sous-traitants au contact direct des installations uniquement ; aucune victime à l'extérieur du site), mais ce sont les intoxications ou les blessures (projections, brûlures...) qui restent majoritaires. Si les évacuations sont 2 fois plus nombreuses que les confinements, les populations concernées sont dans le même ordre de grandeur.

Plusieurs causes sont souvent à l'origine d'accidents précédés de signes précurseurs et de défaillances élémentaires techniques ou organisationnelles plus ou moins apparentes. Pour 214 accidents pour lesquels au moins une cause a été identifiée :

- Le facteur matériel est impliqué dans 83% des accidents répertoriés, les équipements les plus souvent concernés étant : les canalisations et leurs accessoires (119 cas), dont les vannes / électrovannes (37 cas) et les herses immergées dans les bacs à eaux glacées des laiteries (10 cas), les compresseurs / pompes (33 cas), les soupapes (29 cas), les évaporateurs / condenseurs hors herses pré-citées (19 cas), les réservoirs (16 cas) et les matériels de mesure ou régulation (11 cas) ;
- Relevées dans 80% des accidents, les pertes d'étanchéité et fuites sont très largement majoritaires, les 20% restants concernant des ruptures d'équipements. A noter que la défaillance d'une vanne (16 %) ou d'une régulation (5 %) a pu dans certains cas conduire à ces événements ;
- Le facteur organisationnel et humain est explicitement impliqué dans au moins 58% de ces 214 événements (facteur humain 29% / organisation défaillante 53%). Du point de vue des « acteurs » impliqués, il s'agit d'opérateurs appartenant au site dans 50% des accidents et de sous-traitants intervenants sur les installations dans les 50 autres % ;
- Les « fuites directes » de frigorigène, c'est à dire sans comptabiliser les installations prises dans un incendie, fait également intervenir le facteur organisationnel et humain dans 59% des 205 accidents suffisamment renseignés en terme de cause(s) : facteur humain 30% / organisation défaillante 53%.

A noter que l'analyse de ces mêmes 214 accidents met aussi en lumière :

- des défauts de maîtrise du procédé (16% des accidents) : variation brutale de régime entraînant ouverture soupape, éclatement, débordement...
- des interventions insuffisantes ou inadaptées (6,1% des accidents) : en phase d'exploitation, lors d'un accident...
- des agressions d'origine naturelle (1,9% des accidents) : températures extérieures élevées, pluies...
- des actes de malveillance ou attentats (1,4% des accidents).

On constate également que :

- la prépondérance du facteur organisationnel transparaît aux travers d'absence de consignes, de consignes inadaptées voire non respectées ou d'une méconnaissance des installations ; l'intervention peut ainsi être mal préparée, le matériel d'intervention et / ou de protection absent, insuffisant ou inadapté. Plusieurs interventions mal coordonnées sont également relevées, de même qu'une alerte trop tardive lors d'un accident. Enfin plusieurs accidents résultent d'un entretien insuffisant des installations (5% des cas), voire de leur abandon sans avoir été préalablement vidées et dégazées (5,1% des accidents) ;
- le facteur humain, dans une moindre mesure, porte sur des erreurs (mauvais montage / serrage / réglage, choc consécutif à collision ou chute matérielle, vanne fermée ou non refermée, lancement d'une opération puis départ de l'opérateur avant achèvement de cette dernière...) ; les phases de purge des installations sont à ce titre impliquées dans près de 10% des événements répertoriés. Ces défaillances ont souvent pour conséquences des installations en surpression et l'ouverture intempestive de soupapes (ou leur non-fonctionnement), des écoulements accidentels (purge...), une sensibilité accrue des installations aux vibrations... ;
- à noter également plusieurs actes volontaires ou de négligence et de manœuvres inhabituelles qui ont conduit à des situations accidentelles ;
- enfin certains accidents résultent de problèmes de vieillesse et de fatigue des installations (impact du froid sur les métaux...), mais aussi et sans doute de plus fortes sollicitations de ces dernières en période de grande chaleur.

En matière de circonstances (thématique en tout ou partie connue pour 185 événements), les phases de travaux, maintenance, réparation ou test des installations / équipements sont impliquées dans 35% des cas étudiés ; le démantèlement des installations concerne à lui seul 8,1% des événements. Une activité réduite (week-end, nuit, congés...) est évoquée dans 22% des événements répertoriés. Enfin, les phases de mise en service / arrêt ou redémarrage des installations sont impliquées dans 7,6% des accidents.

Pour aller plus loin dans l'accidentologie, on pourra utilement se reporter aux travaux effectués par le BARPI et disponibles sur leur site internet, notamment les deux documents suivants :

- monographie sur l'ammoniac et la réfrigération (1995 et complément de 2002),
- liste d'accidents ayant impliqué des installations de réfrigération à l'ammoniac (09/07/2013).

4. COMPARAISON DOCUMENTAIRE EN REFERENCE A LA NORME NF EN 378

Ce chapitre présente la comparaison documentaire. Il décrit en premier lieu la norme NF EN 378 ainsi que les autres documents étudiés, puis détaille, par rapport à plusieurs axes de comparaisons, les exigences et recommandations émanant des différents documents.

4.1 NORME NF EN 378

La norme NF EN 378, Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur, exigences de sécurité et d'environnement est une norme européenne, adoptée par la France et prise en référence par plusieurs documents de pays européens. Elle ne concerne pas que l'ammoniac.

C'est un document élaboré par le Comité Technique CEN/TC 182 « systèmes de réfrigération, exigences de sécurité et d'environnement ». La version 2012 remplace la précédente version de 2008.

Les quatre parties qui la composent sont :

- Partie 1 : Exigences de base, définitions, classification et critères de choix,
- Partie 2 : Conception, construction, essais, marquage et documentation,
- Partie 3 : Installation in situ et protection des personnes,
- Partie 4 : Fonctionnement, maintenance, réparation et récupération.

La norme fait référence à la Directive « machines » de 2006 et à sa prise en compte dans les modifications apportées au fil du temps à la norme.

A contrario, dans la directive « machines », il n'est pas spécifiquement fait référence à la norme NF EN 378 mais il est rappelé l'utilité de faire appel à des « normes harmonisées »².

Cette norme concernant tous les fluides frigorigènes, l'opération de comparaison a nécessité une sélection préalable des exigences associées à l'ammoniac. L'ammoniac étant référencé en B2 (B reflétant la toxicité importante du fluide et le chiffre 2 son caractère moyennement inflammable) du fait de ses propriétés, les prescriptions non applicables à ce groupe de fluide ont été écartées.

De même, les prescriptions de la norme NF EN 378 diffèrent selon l'occupation des locaux. La norme définit ainsi une classe d'occupation des locaux dépendant de la quantité de fluide, du positionnement des équipements et si ces équipements fonctionnent en détente directe ou indirecte. Etant données les

² «norme harmonisée»: spécification technique adoptée par un organisme de normalisation, à savoir le Comité européen de normalisation (CEN), le Comité européen de normalisation électrotechnique (Cenelec) ou l'Institut européen des normes de télécommunication (ETSI), dans le cadre d'un mandat délivré par la Commission conformément aux procédures établies par la directive 98/34/CE du Parlement européen et du Conseil du 22 juin 1998 prévoyant une procédure d'information dans le domaine des normes et réglementations techniques et des règles relatives aux services de la société de l'information et dépourvue de caractère obligatoire.

charges des installations étudiées dans ce rapport, la classe d'occupation des lieux retenue pour les activités considérées dans le présent rapport est la classe C correspondant à une « occupation avec accès autorisé uniquement ». Les installations sont donc dans une salle des machines spéciale.

4.2 PRESENTATION DES DOCUMENTS RETENUS

Les documents étudiés dans ce rapport concernent l'Allemagne, la Finlande, l'Espagne, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, les États-Unis, et le Canada (Québec).

Ils sont majoritairement spécifiques à l'ammoniac mais certains sont applicables à d'autres fluides.

Certains ne sont applicables qu'au-delà d'un seuil quantitatif d'ammoniac ou d'une puissance de fonctionnement.

Les documents étudiés se subdivisent en :

- réglementations,
- normes et standards,
- guides et codes.

Leur vocation, les organismes ou ministères ayant contribué à leur rédaction ainsi que leurs liaisons à d'autres références sont détaillés ci-après.

4.2.1 Les réglementations

4.2.1.1 LA REGLEMENTATION ALLEMANDE

Le TRAS 110 est une règle technique qui s'applique aux installations frigorifiques de 3 tonnes ou plus d'ammoniac ; son application est toutefois conseillée dès 300 kg si l'environnement du site est sensible.

Initiée par le Ministère Fédéral de l'environnement, de la protection de la nature et de la gestion des réacteurs nucléaires, en date du 10 novembre 2008, cette réglementation de portée générale peut être complétée par une réglementation au niveau des « länders ».

Par ailleurs, La réglementation allemande met en référence les 4 parties de la norme NF EN 378 (version 2000) sans toutefois qu'on y retrouve les exigences clairement identifiées ou simplement plus détaillées. Par ailleurs, cette réglementation renvoie à 13 normes et 5 autres sources réglementaires.

4.2.1.2 LA REGLEMENTATION ESPAGNOLE

Le Décret royal n°138/2011 en date du 4 février réglemente la sécurité des installations frigorifiques. Il prescrit des instructions techniques « complémentaires » à ce type d'installations en particulier pour le cas du fluide ammoniac.

Bien qu'un Ministère de l'Environnement existe en Espagne, c'est le Ministère de l'Industrie, du Tourisme et du Commerce qui a fait publier ces prescriptions techniques à valeur réglementaire (encadrement du développement industriel).

Cette réglementation concerne tous les fluides de réfrigération dont l'ammoniac et retient comme base la norme NF EN 378. Par ailleurs, cette réglementation renvoie à 60 normes.

4.2.2 Le standard de l'ANSI/ASHRAE 15-2010 (USA)

L'ASHRAE (American Society et Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) rédige des documents faisant appel à l'expertise pour guider le milieu industriel. Ces documents contiennent des méthodes uniformisées pour évaluer des objectifs, mais aussi des pratiques dans le design et l'installation d'équipements. Quatre vingt sept d'entre eux ont été publiés dans divers domaines d'activités à ce jour.

Le code 15-2010 « ANSI/ASHRAE Standard 15-2010 - Safety Standard of Refrigeration Systems » date de 2010. Ce code suggère des recommandations de portée générale. En outre, il fournit des éléments conceptuels pour des locaux ou installations comme les salles des machines, la ventilation, les matériaux à utiliser, les divers dimensionnements, les soupapes et autres organes de sécurité mais également sur les tests et les opérations associées.

L'ASHRAE 15-2010 américain fait également référence à d'autres codes (ANSI – ARI – ASME – ASTM - NFPA...).

4.2.3 Les guides et codes

4.2.3.1 LES GUIDES FINLANDAIS

La Finlande a édité un guide de sécurité des installations frigorifiques contenant de l'ammoniac en 2000. Ce guide a été financé par le Fonds Finlandais de l'Environnement Professionnel, la Centrale de sécurité technologique de Finlande (TUKES) et le Centre de recherche technologique de Finlande (VTT).

Le contenu de ce guide est le fruit d'une collaboration entre le VTT sur la partie analyse des risques et des entreprises utilisatrices, des entreprises réalisant des installations et des équipements ainsi que l'Association Finlandaise des personnes travaillant dans la technique du froid.

Le guide Finlandais ne fait pas référence à la norme NF EN 378. En revanche il renvoie à 8 autres normes, des lois, des décrets, 7 décisions, dont certaines concernent les équipements sous pression.

Un autre guide a été rédigé en 2013 par le TUKES : « Guide d'implantation des établissements industriels ». Ce guide n'est pas spécifique aux installations de réfrigération à l'ammoniac mais on y trouve des distances de sécurité à respecter pour ces installations.

4.2.3.2 LES GUIDES QUEBECOIS

Deux documents ont été écrits par le CSST (Comité de la Santé et de la Sécurité du Travail) du Québec sur les systèmes de réfrigération à l'ammoniac :

- un condensé du programme de gestion préventive (1999),
- des mesures de prévention (2009).

Le CSST assure le respect de la Loi sur la Santé et la sécurité du travail ainsi que de tous les règlements qui en découlent. Il existe ainsi un code national du Bâtiment, un code de la réfrigération mécanique (CSA B52-05).

Ce comité peut demander des inspections de routine ou des contrôles suite à des plaintes, intervenir sur l'application des dispositions relatives au plan d'évacuation et d'urgence, demander des enquêtes en cas d'incidents ou d'accidents et indemniser les victimes d'accidents ou d'assurer la réadaptation des travailleurs accidentés. Le cumul de ces prérogatives diffère donc sensiblement en comparaison avec certaines de nos institutions administratives françaises.

Enfin, ces deux documents font également référence à 15 normes et à des lois et règlements Québécois.

4.2.3.3 LE CODE DE GRANDE BRETAGNE

Le Safety Code of Practice for Refrigeration systems utilising refrigerant R-717 (ammonia) a été rédigé par l'IOR (Institut Of Refrigeration) en novembre 2009.

Ce code ne concerne que l'ammoniac pour des systèmes de réfrigération avec une puissance totale installée de plus de 25 kW.

En outre, dans le corps du document, il est fait clairement référence à des exigences de chapitres précis de la norme NF EN 378 dans sa version de 2008.

A noter qu'un bref historique de ce document montre que sa première édition date de 1979 et que des révisions ont eu lieu en 2002 et 2008 avec l'intégration d'éléments de standardisation (BS EN 378).

Enfin, 51 autres normes et 54 textes européens/nationaux sont cités en référence.

4.2.3.4 LES GUIDES AMERICAINS

Les guides américains de l'International Institute of Ammonia Refrigeration (IIAR) ne présentent pas de critère limitatif (quantité, puissance...) pour leur utilisation.

L'IIAR défend les intérêts de l'industrie de la réfrigération d'ammoniac dans le monde entier. Elle intervient dans ce cadre sur les aspects normatifs mais aussi pour la formation des personnels.

Dans le cadre de cette étude, des guides de l'IIAR se présentant sous forme de bulletins ont été étudiés. Ce sont les suivants :

- Critères minimums pour la sécurité des installations de réfrigération à l'ammoniac, bulletin n°109, 2002,
- Mise en service, inspection et maintenance d'équipements mécaniques sur une installation de réfrigération à l'ammoniac, bulletin n°110, 2002,
- Ventilation de la salle des machines d'une installation de réfrigération à l'ammoniac, bulletin n°111, 2002,
- Conception de la salle des machines d'une installation de réfrigération à l'ammoniac, bulletin n°112, 2002,
- Moyens de lutte contre la défaillance de composants d'une installation de réfrigération à l'ammoniac occasionnée par une pression anormale ou un choc, bulletin n°116, 1992.

Ces bulletins détaillent des situations accidentelles pouvant se présenter et font le lien avec les mesures de sécurité à adopter. Souvent ce sont des suggestions faites et pas des obligations mais elles sont relativement détaillées et pratiques.

Par ailleurs, des codes, standards et, autres sources partiellement sont cités en référence dans chacun d'entre eux.

4.2.3.5 LE GUIDE NÉERLANDAIS

Le guide néerlandais de février 2009 sur l'utilisation de l'ammoniac comme frigorigène dans les installations de réfrigération et les pompes à chaleur, a été élaboré en collaboration avec la Concertation interprovinciale Néerlandaise (IPO), l'Association des communes néerlandaises (VNG), l'Association néerlandaise pour le service incendie et les interventions d'urgence (NVBR) et l'industrie (VNO/NCW, MKB-Nederland, KNVvK et NVKL).

Il définit les conditions permettant d'assurer la sécurité incendie, celle du travail et de l'environnement.

A noter que ce guide se réfère à la norme NF EN 378 pour les charges applicables et qu'il fait référence à la norme dans sa version de 2008 dans le préambule.

Enfin, ce guide renvoie à 15 normes et 30 références réglementaires.

4.3 AXES DE COMPARAISON

Ce chapitre présente une comparaison entre les différents documents précédemment listés.

Cette comparaison a été effectuée par rapport aux différents thèmes abordés dans la norme NF EN 378 (Cf. chapitre 4.1). Il s'agit des thèmes suivants :

- les exigences d'accès en SDM,
- les rétentions,
- la détection d'ammoniac en SDM,
- l'alarme,
- la ventilation,
- l'arrêt des installations et isolement,
- la prévention et protection contre les incendies et les explosions,
- la prévention de la surpression dans les installations,
- la prévention des fuites d'ammoniac,
- la maîtrise des interventions techniques,
- le contrôle et l'inspection des installations,
- la maîtrise des activités humaines,
- la protection générale des personnes.

Un thème supplémentaire, non présent dans la norme, mais issu d'un des documents étudiés, a été ajouté et porte sur les distances de sécurité à adopter à l'égard des installations de réfrigération à l'ammoniac.

Dans chacun des sous-chapitres sont présentées en premier lieu les prescriptions de la norme NF EN 378.

Sont ensuite présentées les prescriptions des autres documents lorsqu'ils en contiennent sur la thématique étudiée.

Une synthèse comparative sous forme de tableau est présentée à la fin de chaque chapitre. Dans ce tableau, la symbolique « X » signifie que l'exigence est présente dans le document ; la symbolique « / » signifie que l'exigence n'a pas été identifiée

dans le document. Des précisions quant à la nature des exigences sont faites, le cas échéant, dans les cases. Un point d'interrogation signifie une difficulté d'interprétation de l'exigence dans les documents étrangers par rapport à l'item de la norme NF EN 378.

Dans les chapitres qui suivent, la terminologie « la norme » fait référence à la norme NF EN 378.

4.3.1 Exigences d'accès en SDM

Deux exigences sont présentées dans la norme :

- limiter l'accès à la SDM au personnel compétent et pour les opérations de maintenance,
- disposer d'un marquage d'avertissement à l'entrée de la SDM (interdiction d'accès aux personnes non autorisées, interdiction de fumer et d'apporter des flammes nues).

Ces deux prescriptions sont reprises dans la réglementation espagnole, allemande et les standards et guides américains.

Le tableau ci-après présente de manière synthétique la comparaison entre les documents concernant l'accès en SDM.

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Accès limité	X	/	/	/	X	/	X	X
Marquage d'avertissement d'accès limité	X	/	/	/	X	/	X	X

Tableau 3 : Synthèse des prescriptions concernant l'accès en SDM

4.3.2 Rétentions

La norme prévoit un dispositif de recueil d'écoulement de fluide en salle des machines avec une captation en position normale fermée.

Les standards et guides américains demandent aussi la rétention des fuites d'ammoniac.

Dans le guide des Pays-Bas, un seuil de 3 000 kg est fixé pour cette exigence de volume de la rétention concernant l'ensemble des réservoirs qui y sont positionnés.

La réglementation espagnole aborde plutôt, pour une SDM avec une charge totale supérieure à 2 000 kg, l'obligation d'une rétention, l'écoulement étant dirigé vers une capacité tampon où le fluide épandu pourra ensuite être pompé.

Le tableau ci-après présente de manière synthétique la comparaison entre les documents concernant les rétentions.

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Rétention en cas d'écoulement de liquide (ammoniac /eau polluée)	X	/	/	X	X	/	/	X

Tableau 4 : Synthèse des prescriptions sur les rétentions

4.3.3 Détection d'ammoniac en SDM

Sont présentées dans cette partie les prescriptions relatives à la présence d'une détection gaz, à la technologie des détecteurs, ainsi que celles relatives à leur nombre et leur position dans la salle des machines. Enfin les seuils de déclenchement et les asservissements associés sont abordés. La détection gaz conduit ainsi à trois types d'actions :

- L'alarme,
- L'action sur la ventilation d'urgence,
- L'arrêt et d'isolement des installations.

Les prescriptions sur ces asservissements sont traitées dans les chapitres 4.3.4 à 4.3.6.

4.3.3.1 PRESENCE D'UNE DETECTION GAZ

La norme impose la présence d'une détection gaz dans la salle des machines, à partir de 50 kg d'ammoniac.

S'agissant du Code de Grande Bretagne, des détecteurs sont demandés à partir de 25 kg de charge d'ammoniac.

Pour le guide néerlandais, en référence à la norme, une détection gaz est nécessaire.

Pour la réglementation allemande cette détection d'ammoniac est exigible.

Pour ce qui concerne l'ASHRAE standard 15-2010 américain, ce dernier spécifie l'obligation de détection en SDM. Le bulletin n°111 des guidelines de l'IIAR évoque la nécessité de détection sans notion de quantité d'ammoniac.

S'agissant des guides québécois et finlandais, ils exigent une détection d'ammoniac sans toutefois préciser le seuil à partir duquel celle-ci doit être mise en place.

Enfin, la réglementation espagnole demande une détection de fuites d'ammoniac si l'installation comprend plus de 2 000 kg.

4.3.3.2 TECHNOLOGIE DES DETECTEURS

La norme ne spécifie pas les technologies à employer.

Le Guide finlandais suggère des technologies de type :

- électrochimique,
- semi-conducteur.

Il spécifie aussi le champ d'utilisation, les avantages et les inconvénients.

4.3.3.3 NOMBRE ET POSITION DES DETECTEURS

La norme demande au moins un détecteur en salle des machines. Elle précise aussi qu'un détecteur doit être installé au niveau des pompes de réfrigération (salle des machines ou autre zone) ou à proximité. Elle demande également, pour des quantités d'ammoniac > 500 kg, l'intégration de détecteurs dans les circuits de transfert de chaleur de systèmes indirects.

S'agissant de la réglementation allemande, cette dernière spécifie une position de détecteur au-dessus d'éléments tels que le réservoir basse pression, les pompes et les collecteurs. Elle précise également qu'un détecteur doit être installé au-dessus du compresseur dans le flux d'air chaud du système de ventilation.

Le guide des Pays-Bas exige, pour sa part, la présence d'au moins 2 détecteurs en SDM et 1 dans chaque zone à présence permanente d'au moins 2 h/j.

En ce qui concerne le standard et les guides américains, il est spécifié que deux points de détection ou plus doivent être dans la SDM (l'un près du sol pour la ventilation d'urgence et l'autre en hauteur avec une circulation d'air continu pour la coupure électrique).

Enfin, le document de la Finlande exige également la présence de détecteurs en SDM et en chambre froide sans en préciser le nombre. Elle précise également que la détection doit être installée au niveau des zones de regroupement de vannes.

4.3.3.4 SEUILS ET ASSERVISSEMENTS ASSOCIES

La norme fixe deux seuils pour les asservissements :

- 1^{er} seuil : alarme et actionnement de la ventilation mécanique,
- 2^{ème} seuil : arrêt des installations de réfrigération et actionnement des dispositifs d'isolement s'ils existent.

Les asservissements associés aux seuils peuvent être différents selon les pays. Les prescriptions sur ces asservissements sont traitées dans les chapitres 4.3.4 à 4.3.6.

Les seuils de concentration, en salle des machines, fixés par la norme sont :

- 350 mg/m³ (500 ppm (V/V)) (seuil bas d'alarme),
- 21 200 mg/m³ (30 000 ppm (V/V)) (seuil haut d'alarme).

Les seuils sont plus faibles aux Pays-Bas : 200 ppm en seuil bas et 800 ppm en seuil haut ; des seuils de détection plus élevés, jusqu'à 15 000 ppm, peuvent être autorisés par l'Autorité Compétente. Le 1^{er} seuil conduit à l'alarme et à la mise en route de la ventilation d'urgence et le 2^{ème} seuil à l'arrêt des installations et l'actionnement des dispositifs d'isolement le cas échéant.

Le Québec retient un seuil bas à 300 ppm voire 100 ppm. Ce seuil conduit au déclenchement d'une alarme et à la mise en route de la ventilation d'urgence.

Pour la réglementation allemande, les seuils sont à 150-500 ppm (en seuil bas) et 1 000 ppm (en seuil haut). Le 1^{er} seuil conduit à une pré-alarme avec mise en route de la ventilation d'urgence et le 2^{ème} seuil conduit à l'alarme principale avec coupure des dispositifs concernés (pompes, compresseurs, vannes d'arrêt). Un troisième seuil (30 000 ppm) est suggéré, en fonction de l'évaluation des risques, seuil avant lequel la ventilation doit être coupée.

Selon les codes et guides américains le seuil bas se situe entre 0 et 250 ppm (ex conseillé : 150 ppm) et le seuil haut entre 0 et 20 000 ppm (ex conseillé : 15 000 ppm). Le 1^{er} seuil conduit à la mise en route de la ventilation d'urgence et le 2^{ème} seuil à l'actionnement des dispositifs d'isolement le cas échéant.

En ce qui concerne le code de Grande Bretagne, le seul seuil précisé est 20% de la LII. Ce seuil conduit à une alarme et à la mise en route de la ventilation d'urgence.

Dans la réglementation espagnole, le 1^{er} seuil de 500 ppm conduit à l'alarme et à la mise en route de la ventilation d'urgence et le 2^{ème} seuil à 30 000 ppm conduit à l'arrêt des installations.

4.3.3.5 SYNTHÈSE DE LA DÉTECTION D'AMMONIAC

Le tableau page suivante fait la synthèse des exigences liées à la détection d'ammoniac en salle des machines.

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Détection gaz	dès 50 kg NH ₃	X (sans notion de charge requise)	X (sans notion de charge requise)	X (fait référence à la norme)	X (sans notion de charge requise)	dès 25 kg de NH ₃	X (texte applicable si > 3000 kg)	X (si > 2 000 kg NH ₃)
Un détecteur minimum en SDM	X	X + dans la chambre froide + au niveau de vannes	X	X 2 détecteurs SDM et un dans chaque zone occupée	X 2 détecteurs séparés	/	X (au dessus réservoir BP, pompes et collecteurs + au dessus compresseur dans flux ventilation)	X
1 ^{er} seuil (valeur en ppm)	X (500)	Pas de valeur	X (300 voire 100)	X (200)	X (De 0 à 250)	X (20% de la LII)	X (150 à 500)	X (500)
Asservissement lié au 1 ^{er} seuil (alarme et ventilation d'urgence)	X	/	X	X	X	X	X	x
2 ^{ème} seuil (valeur en ppm)	X (30 000)	Pas de valeur		X (De 800 à 15 000)	X (Jusqu'à 20 000)	/	X (1 000)	X (30 000)
Asservissement lié au 2 ^{ème} seuil (arrêt des installations et isolement le cas échéant)	X	/	/	X	X	/	X	X
Autre seuil (arrêt de la ventilation)	/	/	/	/	/	/	30 000 ppm	
Suggestion de technologie de détection	/	Electrochimique Semi-conducteur	/	/	/	/	/	/

Tableau 5 : Synthèse des prescriptions sur la détection d'ammoniac

4.3.4 Alarme

Selon la norme, une alarme doit être déclenchée sur seuil bas de détection d'ammoniac. L'alarme doit être sonore (audible à l'intérieur et à l'extérieur de la SDM) et visuelle (lumière clignotante à l'extérieur de la SDM).

La norme prévoit également qu'en cas de système de réfrigération de plus de 3 000 kg d'ammoniac, il doit y avoir du personnel disponible pour intervenir (soit un poste occupé en permanence, soit un poste d'alarme avec un système de transmission automatique avec alerte possible par téléphone mobile/récepteur de radiomessagerie). Le personnel compétent doit alors se rendre sur place dans les 60 minutes suivant l'alerte.

S'agissant du Québec, les seuils bas et haut mentionnés au chapitre 4.3.3.4 doivent faire l'objet d'une alarme différenciée évitant toute méprise sur le niveau d'alarme. A noter que le second niveau d'alarme déclenche le signal d'évacuation des lieux.

En ce qui concerne les réglementations espagnole et allemande, il est prévu une alarme sans exigence d'audibilité ou de visibilité. Au contraire les standards et guides américains, les documents québécois, le guide des Pays-Bas ainsi que le code de Grande Bretagne reprennent ces exigences.

Dans la réglementation allemande, l'alarme doit aussi se déclencher sur place et dans les locaux occupés de façon permanente. Les documents québécois demandent simplement l'audibilité de l'alarme sur tout le site. Le standard américain spécifie seulement que l'alarme puisse être entendu ou visible à l'intérieur et à l'extérieur de la SDM.

Enfin, le guide des Pays-Bas (PGS 13) reprend l'exigence de la norme sur la présence d'une procédure suite à l'alarme, Les Pays-Bas suivent également la recommandation de la norme concernant la transmission de l'alarme dans un local occupé et permettant une intervention en moins de 60 mn dans les installations de plus de 3 000 kg d'ammoniac. Le code de Grande Bretagne et la réglementation espagnole demandent aussi le déclenchement de l'alarme sur place et à l'extérieur de la SDM de façon à prendre les mesures d'urgence appropriées.

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Alarme audible et visible hors SDM	X	/	X (distinction selon seuil)	X	X	X	/	/
Report d'alarme permettant une intervention dans les 60 mn	X	/	/	X	/	X (pas de durée précise)	X (pas de durée précise)	X (pas de durée précise)

Tableau 6 : Synthèse des prescriptions associées aux alarmes

4.3.5 Ventilation

Ce chapitre est dédié à la ventilation. Par commodité de présentation, il ne se limite pas à la ventilation d'urgence et détaille également les prescriptions sur la ventilation en fonctionnement normal.

Différents types de ventilation peuvent être mis en œuvre dans le cadre d'installations de réfrigération à l'ammoniac. Les documents étudiés distinguent généralement la ventilation normale (en l'absence de toute fuite) de la ventilation d'urgence. Toutefois, un des documents (ASHRAE) présente également une notion de ventilation « intermittente » en plus des deux précédentes afin de limiter l'augmentation de la température de l'air de la SDM.

Dans le cas de la norme seules les ventilations normale et d'urgence sont requises. Tous les pays étudiés évoquent une ventilation en fonctionnement normal, forcée ou naturelle (sauf la Grande Bretagne où la nécessité d'une ventilation normale n'est pas clairement abordée dans le document).

4.3.5.1 VENTILATION NORMALE OU INTERMITTENTE

Concernant le débit de ventilation, dans le cas du fonctionnement normal de la ventilation, 4 renouvellements d'air par heure sont requis par la norme. Sans être clairement indiqué dans les documents, le débit de la ventilation normale pour les Pays-Bas et l'Espagne devrait se référer à la norme.

Le débit de ventilation intermittente (non urgente) dans l'ASHRAE 15-2010 prend en compte une différence de température égale à 10°C dans sa formule de calcul.

S'agissant du débit de ventilation continue (non urgente), toujours selon ce même document, il est de 5 à 10 l/s/m², quand ce débit est techniquement applicable.

Dans le bulletin n° 111 des guides américains, le calcul de taux de ventilation est fonction de la situation de ventilation et notamment de l'évacuation des calories apportées par l'élévation de température des moteurs électriques.

Le taux de ventilation recommandée est ainsi de 17 à 34 m³/h/m².

Rien n'est donné dans les documents des autres pays.

4.3.5.2 SURFACES MINIMALES DE VENTILATION

Dans la norme, les ouvertures du système de ventilation mécanique doivent être placées et avoir des dimensions permettant d'obtenir un débit d'air suffisant et un bon système de distribution de cet air dans la salle des machines, en évitant les angles morts.

Nota : la version précédente de la norme imposait une surface d'ouverture minimale. Mais cette précision n'a pas été reconduite dans la dernière version.

Les exigences américaines prévoient des surfaces d'ouverture volontairement surdimensionnées qui peuvent parfois être difficiles à mettre en œuvre sur des constructions existantes sans murs donnant directement sur l'extérieur contrairement aux constructions nouvelles qui peuvent disposer de ventelles adaptées.

La réglementation espagnole exige aussi une surface minimale pour la ventilation naturelle, en fonction de la charge d'ammoniac répondant à la formule suivante :

$$(A = 0,14 \times Q^{1/2}).$$

4.3.5.3 VENTILATION D'URGENCE

La norme précise qu'il doit exister une ventilation mécanique en salle des machines, en cas d'urgence² indépendante de toute autre ventilation sur le site.

La ventilation mécanique est déclenchée par la détection gaz mais elle doit aussi pouvoir être déclenchée par deux commandes d'urgence indépendantes, l'une située à l'extérieur à proximité de la salle des machines et l'autre à l'intérieur.

Cette exigence de deux commandes indépendantes est adoptée par les Pays-Bas, les USA, l'Allemagne et l'Espagne. Les guides américains précisent également qu'une commande à distance doit exister.

La quantité d'air exposée dans la norme est calculée selon la formule de l'EN NF 378 suivant :

$$V = 14 \times 10^{-3} \times m^{2/3}$$

où V est le débit d'air en m³/s ; m est la masse de la charge de fluide frigorigène, en kg.

$$\text{soit } V = 50 \times m^{2/3}$$

où V est le débit d'air en m³/h ; m est la masse de la charge de fluide frigorigène, en kg.

Il ne faut pas excéder 15 renouvellements d'air/h dans le guide néerlandais et s'agissant de la réglementation espagnole, un débit pénalisant de 30 m³/h/personne ou pour 10 m² de surface de sol si le résultat n'excède pas 15 renouvellement d'air /h est requis.

Dans les guides américains, le débit de la ventilation d'urgence repose, comme dans d'autres pays, sur le volume du local le plus petit. Le débit de la ventilation d'urgence est de 183 m³/h/m² avec un minimum de 33 980 m³/h.

Dans l'ASHRAE américain n° 15-2010, il est spécifié que :

- soit on retient la quantité de réfrigérant du plus gros système ($Q = 252 \times (G)^{1/2}$ en m³/h, G étant la masse de réfrigérant en kg) ;
- soit on retient 12 changements d'air/h.

Le débit n'est pas précisé pour les autres pays.

La norme ne prévoit pas d'alarme spécifique pour non fonctionnement de la ventilation d'urgence, au contraire du standard et des guides américains.

4.3.5.4 SYNTHÈSE POUR LA VENTILATION

Le tableau page suivante fait la synthèse des prescriptions de ventilation dans les documents étudiés.

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Ventilation non urgente	X	X	X	X	X	X	X	X
Débit de ventilation non urgente	4 renouvellements air/heure (normal)	/	/	/	17 à 34 m ³ /h/m ²	/	/	/
Débit de la ventilation d'urgence	$V = 50 \times Q^{2/3}$ 15 renouvellements /heure maxi	/	/	$V = 50 \times Q^{2/3}$ 15 renouvellements /heure maxi	12 renouvellements/heure ou $V = 252 \times Q^{1/2}$	Sous-entendue dans la partie maintenance, rien dans les descriptions	/	$V = 50 \times Q^{2/3}$ 15 renouvellements/heure maxi 30 m ³ /h/personne ou 10 m ² au sol (résultat le plus pénalisant des deux)
Dimensionnement des entrées d'air	Débit d'air suffisant	/	/	Débit d'air suffisant	/	/	/	X ($A = 0,14 \times Q^{1/2}$)
Commande d'urgence de la ventilation	2 Intérieur/ extérieur SDM	/	/	2 (>3 000 kg de charge) Intérieur/ extérieur SDM	2 Extérieur SDM + 1	/	2	2 Intérieur/ extérieur SDM

Tableau 7 : Synthèse des prescriptions associées à la ventilation

4.3.6 Arrêt des installations et isolement

Selon la norme, l'arrêt d'urgence des installations est basé sur la coupure d'alimentation électrique des compresseurs et pompes. A contrario, si la fuite se situe côté basse pression, l'arrêt du compresseur ne doit pas être commandé.

La réglementation espagnole exige un interrupteur commandant l'arrêt du système de réfrigération à l'extérieur de la salle de machines, et situé à proximité de la porte d'entrée.

Nota : cette exigence a pour objectif de réduire les risques lors d'actions de maintenance ou de réparation.

La commande d'urgence extérieure à la SDM, au sens des exigences américaines, doit occasionner l'arrêt des installations électriques de la SDM avec un séquençage approprié.

Des robinets d'isolement doivent être présents en nombre suffisant. Leur fonctionnement automatique ou manuel n'est pas imposé par la norme.

Cependant, pour les installations de plus de 3 000 kg, un dispositif de fermeture commandé à distance doit exister sur la tuyauterie liquide.

La fermeture commandée à distance dans la tuyauterie liquide doit s'effectuer en cas :

- de défaillance de la puissance de commande,
- de détection d'ammoniac,
- d'une action sur un arrêt d'urgence (BAU).

S'agissant des Pays-Bas, le guide exige, en plus, qu'en cas de fuite d'ammoniac dans une zone autre que la SDM, qu'il faille couper l'alimentation en ammoniac allant dans cette zone et laisser la tuyauterie de retour ammoniac ouverte pour un retour vers la SDM.

Selon le guide finlandais, des vannes de coupure doivent être présentes sur chaque tuyauterie secondaire reliée à la tuyauterie principale.

Concernant le guide québécois, le code de Grande Bretagne et la réglementation allemande, ces derniers demandent la mise en place d'une vanne automatique sur les tuyauteries en entrée et sorties de capacités.

Dans la réglementation allemande, les tuyauteries d'arrivées reliant les pompes au séparateur gaz/liquide doivent être équipées d'un robinet d'arrêt commandé à distance situé près des réservoirs et monté côté aspiration de la pompe.

Les documents américains précisent que des vannes d'arrêt doivent être positionnées de part et d'autres de divers équipements sans spécifier pour autant si elles doivent être automatiques.

Le tableau ci-après fait la synthèse des prescriptions relatives à l'isolement et à l'arrêt des installations dans la norme par rapport aux exigences des divers pays étudiés.

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Coupure de la puissance de compression/pompage	X (pas le compresseur si fuite côté basse pression)	/	X	X	X	X	X	X
Vannes d'isolement automatiques requises	Automatique sur ligne liquide (si > 3000 kg charge)	/	Position non spécifiée mais vanne automatique demandée	/	/	Vanne automatique entre réservoir BP et pompe	Automatique entre réservoir BP et pompe (texte applicable si > 3000 kg)	/
Si vanne automatique, commande à distance	X	/	X	/	/	X	X	/

Tableau 8 : Synthèse des prescriptions sur l'arrêt et l'isolement des installations

4.3.7 Prévention et protection contre les incendies et les explosions

4.3.7.1 PREVENTION DES DEPARTS DE FEU EN SDM

Pour éviter les départs de feu, selon la norme, ne doivent pas être présents en SDM :

- les matériaux inflammables autres que les fluides frigorigènes et l'huile de service,
- les plastiques, les élastomères (sauf si le risque incendie peut être écarté),
- les dispositifs de combustion (sauf si l'air d'alimentation est bien pris à l'extérieur de la SDM).

La réglementation espagnole et les standards et guides américains évoquent cette disposition relative aux matériaux incombustibles. Ils interdisent également la présence de sources d'inflammation dans la SDM.

Le guide des Pays-Bas reprend les exigences de la norme.

Enfin, les autres documents étrangers ne donnent pas de précisions relatives à la protection en SDM.

4.3.7.2 PREVENTION DES SOURCES D'INFLAMMATION

Pour éviter les explosions en SDM, la norme prévoit les précautions suivantes :

- il est interdit d'apporter des sources d'inflammation ou d'implanter des appareils de combustion ;
- le système de détection de fuite utilisé lors des travaux doit être anti-étincelle et à sécurité intrinsèque ;
- l'éclairage doit être protégé contre les éclaboussures (EN 50014 IPX 4), y compris en cas de vidange d'huile ;
- la température maximale admissible pour une surface chaude doit être inférieure de 100°C minimum à la température d'auto-inflammation de l'ammoniac (elle ne doit donc pas dépasser 530°C) ;
- tout dispositif mécanique susceptible de donner lieu à une inflammation par échauffement doit disposer d'un capteur de couple détectant une résistance mécanique.

La norme n'oblige pas à ce que les équipements électriques dans les locaux soient en rapport avec des exigences ATEX. En cas de détection d'ammoniac, l'arrêt des installations est commandée (cf. chapitre 6.3.7). La ventilation d'urgence doit se situer en dehors du flux d'ammoniac ou correspondre aux exigences ATEX comme l'absence de production d'une étincelle.

A noter que l'exigence de protection d'éclairage contre des éclaboussures est également demandée dans les documents américains.

Selon le guide des Pays-Bas, deux normes doivent être respectées pour les installations électriques. Une protection thermique doit équiper les moteurs.

Tout comme pour la norme, le guide des Pays-Bas demande à ce que la ventilation de secours avec moteur soit placée hors du courant d'air ou prévue pour zone à risque (ne doit pas générer d'étincelle).

S'agissant de l'ASHRAE 15-2010 américain, ce dernier reprend la norme sur les interdictions de flammes et sources chaudes (au-delà de 472°C en permanence), comme par exemple des moyens de combustion.

Dans le TRAS 110 allemand, il est précisé que l'évaluation des risques ne devrait pas conduire à la détermination de zones à risques d'explosion en fonctionnement normal.. Cette réglementation exige cependant que les sources d'inflammation potentielle soit coupées en cas d'urgence. Si des équipements ne sont pas coupés (ventilation d'urgence et éclairage de secours), ils doivent répondre aux exigences ATEX.

Enfin, la réglementation espagnole ainsi que le standard et les guides américains imposent que le matériel électrique non utile à la réfrigération ne reste pas en SDM.

4.3.7.3 PREVENTION DE LA PROPAGATION DES INCENDIES

Selon la norme, pour éviter la propagation des incendies, il faut :

- des murs, planchers et plafonds coupe-feu (CF) 1 heure avec scellement hermétique,
- des portes et sorties de secours coupe-feu 1 heure (CF tout court pour le code américain mais qui se referment automatiquement),
- un scellement des tuyauteries et gaines de service passant au travers de parois et des plafonds ou planchers coupe-feu avec le maintien du degré coupe-feu 1 heure,
- des gaines de ventilation en tôles métalliques avec des supports coupe-feu 1 heure.

Le standard américain a les mêmes types d'exigences mais il ne spécifie pas le degré coupe-feu des portes et sorties de secours. Selon l'ASHRAE 15-2010, les planchers et supportages d'installations doivent être réalisés en matériaux incombustibles.

La réglementation espagnole renvoie à une réglementation générale sur le risque incendie.

Le guide des Pays-Bas reprend les exigences de la norme.

Les autres guidelines américains ne donnent aucune spécification particulière.

4.3.7.4 DETECTION INCENDIE ET ALARME

Selon la norme, les installations (salle des machines, utilisateurs) sont équipées, selon la norme, de détecteurs incendie. En cas de déclenchement, une alarme sonore et visuelle est actionnée pour intervention éventuelle.

Les autres documents ne prévoient pas de dispositions particulières sur ce sujet.

4.3.7.5 MOYENS FIXES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

La norme indique que les moyens d'extinction doivent être appropriés. En particulier elle interdit les systèmes automatiques d'extinction à l'eau.

Au contraire, le standard et les guides américains indiquent que les capacités d'ammoniac doivent être protégées par sprinklage.

Les autres documents ne présentent pas d'exigences sur les moyens d'extinction fixes.

4.3.7.6 PROTECTION CONTRE LES EFFETS DES EXPLOSIONS

La norme n'a pas d'exigence sur ce sujet.

La réglementation espagnole spécifie qu'un élément ou une disposition de construction de faible résistance mécanique communiquant avec l'extérieur doit être mis en place s'il est envisageable d'atteindre la LII dans le local. La surface doit alors être égale au centième du volume du local en m³ avec un minimum d'un m².

4.3.7.7 SYNTHÈSE DE LA PRÉVENTION DES INCENDIES ET EXPLOSIONS

Le tableau ci-après fait la synthèse de la prévention des incendies et explosions dans la norme par rapport aux exigences des divers pays étudiés.

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Interdiction de stockages substances inflammables	X	/	/	X	X	/	/	X
Pas d'appareils de combustion	X	/	X	X	X	/	/	X
Caractère coupe feu du bâtiment	X	/	/	X	/	/	/	X
Systèmes automatiques d'extinction	Interdit en SDM	/	/	Extincteurs portatifs poudre uniquement	X (sur les capa. ammoniac)	/ (norme par ailleurs)	/	Extincteurs portatifs poudre uniquement
Précautions contre les sources d'inflammation	Absence de source d'inflammation Présence de matériel sans étincelle Temp. de surface < 530°C Eclairage protégé des éclaboussures	/	X		Interdiction de flamme Interdiction de sources chaudes > 472°C	/		/
Exigences ATEX sur le matériel électrique	Moteur extracteur en zone non dangereuse ou matériel ATEX Autres matériels pas nécessairement ATEX mais coupure sur détection	/	/	Moteur extracteur en zone non dangereuse ou ATEX Respect de deux normes	Matériel électrique adapté	/ (norme par ailleurs)	Coupure d'alimentation des matériels électriques non ATEX sur détection Matériel non coupé ATEX	Sortir le matériel électrique non indispensable de la SDM
Dispositions constructives	/	/	/	/	/	/	/	Constructions donnant vers l'extérieur à faible résistance mécanique

Tableau 9 : Synthèse des prescriptions sur la prévention des incendies et des explosions

4.3.8 Prévention de la surpression dans les installations

La norme prévoit :

- des dispositifs de limitation de la pression qui arrêteront l'élément générateur de pression avant le fonctionnement des dispositifs limiteurs de pression (soupapes) ;
- des soupapes pour évacuer la pression excessive en divers endroits du système.

Ces points sont détaillés ci-dessous.

4.3.8.1 MESURES DE LIMITATION DE PRESSION

La norme prévoit des dispositifs de limitation de la pression au niveau du compresseur (s'il est volumétrique) : un à deux dispositifs sont demandés selon la capacité du compresseur.

La norme définit un dispositif de limitation de pression comme un dispositif électromécanique conforme à l'EN 12263:1998, utilisé uniquement pour protéger le système de réfrigération contre les excès de pression.

En outre, les dispositifs de sécurité de limitation de la pression doivent être montés de telle manière que les changements de réglage ne puissent être faits qu'à l'aide d'un outil.

Dans la réglementation espagnole, il est demandé des moyens de protection au niveau du compresseur.

Dans les standards américains, il est proposé un pressostat au niveau de chaque compresseur.

Enfin, le code de Grande Bretagne exige la mise en place d'un dispositif de limitation de pression pour le compresseur. Ce dispositif doit être testable.

4.3.8.2 DISPOSITIFS LIMITEURS DE PRESSION : SOUPAPES ET DISQUES DE RUPTURE

La norme prévoit deux dispositifs limiteurs de pression pour protéger les capacités sous pression en cas de pression élevée (selon la catégorie du récipient).

Le standard et les guides américains prévoient, comme la norme, des limiteurs de pression. Le standard américain envisage l'utilisation en série des deux dispositifs de sécurité. Il fournit des éléments pour le dimensionnement des soupapes de sécurité.

Dans la réglementation espagnole, quelle que soit la quantité d'ammoniac, il est demandé de disposer de deux limiteurs.

Le code de Grande Bretagne renvoie à la norme pour. Les moyens de protection contre les surpressions.

Le guide des Pays-Bas renvoie à la réglementation ESP.

Dans la norme comme dans les autres documents (réglementation allemande, espagnole,...), le montage des deux dispositifs sur une vanne trois voies est évoqué.

La norme ne précise pas qu'un disque de rupture est nécessaire. En revanche, s'il est installé, il doit être installé en série avec une soupape de sécurité (côté entrée de la soupape) avec un capteur de pression (associé à une alarme) vérifiant l'intégrité du disque de rupture. Cette précision de mise en série n'est pas évoquée dans le guide québécois.

Le montage en série est aussi proposé dans les réglementations allemande et espagnole ainsi que la présence d'un pressostat en aval du disque de rupture.

La norme demande un indicateur pour vérifier pendant la maintenance, si la soupape s'est ouverte. Il peut s'agir de différents systèmes (détecteur ammoniac, manomètre, piège en U rempli d'huile...).

Le guide finlandais demande aussi l'installation d'un témoin d'ouverture de soupape (détecteur ammoniac, manomètre ou thermomètre).

Selon les technologies de soupapes, le rejet peut s'effectuer vers une capacité basse pression ou directement à l'atmosphère. Dans ce dernier cas, la norme demande à ce que le rejet de la soupape se fasse de manière à ne pas mettre en danger les personnes.

La réglementation allemande demande également à ce que le rejet se fasse sans risques.

Dans le guide québécois, le rejet de dispositifs de décharge de la pression doit se faire aussi en zone sans risque pour le personnel ou l'environnement ; il est précisé qu'il doit s'effectuer à une hauteur de 4,6 m au-dessus du niveau du sol. Ce rejet doit être situé à au moins 7,6 m de toute fenêtre, prise d'air ou sortie de bâtiment.

Dans le guide finlandais, ces rejets peuvent déboucher sur un laveur.

4.3.8.3 PREVENTION DE LA SURPRESSION PAR ISOLEMENT SUR LES TRONÇONS DE LIQUIDE

La norme prévoit que les dispositifs d'arrêt ne doivent pas être actionnés en marche normale et être protégés contre des mauvaises manipulations.

4.3.8.4 SYNTHÈSE DE LA PREVENTION CONTRE LA SURPRESSION

Le tableau ci-après fait la synthèse de la prévention contre la surpression dans la norme par rapport aux exigences des divers pays étudiés.

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Dispositif de limitation de surpression au niveau du compresseur	X	/	/	/	X	X	/	X
Soupape(s)	X	X	X	X	X	X	X	X
Montage de la soupape avec un disque de rupture évoqué	X	/	X (pas de notion de montage en série)	/	X	X	X	/
Capteur/indicateur de fonctionnement soupape	X	X	/	/	/	X	X	X
Conditions de rejets à l'extérieur sans risque pour les personnes	X	X laveur possible	X (au moins 4,6 m de haut/sol et à plus de 7,6 m d'une fenêtre)	/	/	/	X	/

Tableau 10 : Synthèse des prescriptions pour la prévention contre la surpression

4.3.9 Prévention des fuites d'ammoniac

4.3.9.1 GENERALITES

Pour lutter contre la corrosion, la norme spécifie les matériaux à utiliser sous conditions comme les nuances d'acier plus ou moins allié et l'acier inoxydable. Elle spécifie aussi les conditions d'utilisation de l'étain ou du plomb ou de l'aluminium (pour les joints seulement si grande pureté) ou encore de la fonte (contraintes liées à la température et à la conception). Elle spécifie les matériaux à proscrire comme, le cuivre, le magnésium, le zinc, l'étain.... La norme traite aussi des matériaux non métalliques.

Concernant les fuites d'ammoniac, les autres dispositions prévues par la norme et relatives à la conception des installations telles que la prise en compte des dilatations et contractions de tuyauteries, les exigences sur les soudures, la pression à considérer... ne sont pas reprises dans ce benchmark.

Les mesures reprises dans ce chapitre portent sur la protection contre la corrosion, la prévention contre les effets des vibrations et des coups de liquide et la prévention contre les chocs et bris mécaniques.

Le guide finlandais, la réglementation espagnole, la réglementation allemande, le guide des Pays-Bas, le guide québécois, le code de Grande Bretagne ou encore les documents américains abordent aussi plus ou moins ces aspects.

4.3.9.2 PREVENTION DE LA CORROSION

La norme précise que les équipements en acier doivent être protégés par un revêtement anti-rouille posé avant l'isolation.

Un point d'attention est soulevé dans le code de Grande Bretagne sur des cas courants de corrosion accélérée en phase d'arrêt de fonctionnement, une fois l'ammoniac vidangé et les équipements ouverts à l'atmosphère ambiante. De même, les parties chaudes et oxygénées des circuits (notamment côté haute pression) sont propices à l'accélération de la corrosion et un traitement thermique approprié lors de la fabrication doit être prévu. Les effets de la condensation doivent aussi être prévenus (barrière de vapeur) ainsi que le gel.

Le guide finlandais recommande que l'isolation thermique soit protégée contre l'humidité et la corrosion à l'aide de silicone.

Le standard et les guides américains demandent aussi le contrôle de la corrosion sur les tuyauteries non pourvues d'isolation thermique et la pose d'une peinture appropriée.

Enfin la réglementation allemande exige aussi que les éléments isolés soient recouverts d'une couche anti-corrosion. Elle précise les conditions permettant de réduire les risques de corrosion fissurante sous contrainte.

4.3.9.3 PREVENTION DES EFFETS DES VIBRATIONS ET DES COUPS LIQUIDE

La norme liste des mesures permettant d'éviter les vibrations et pulsations excessives (évaluation en service, à la température de condensation maximale, conditions initiales, à l'arrêt).

Selon la norme, la prévention des coups de bélier doit être prévue à la conception et à l'installation des tuyauteries.

Vis-à-vis de la prévention des coups de liquide, la norme précise l'existence d'un niveau haut sur le récipient en amont du compresseur pour éviter l'arrivée de liquide dans le compresseur.

Le Code de Grande Bretagne demande aussi à ce que des dispositions soient prises pour éviter l'arrivée de liquide dans le compresseur. Ainsi, il demande un indicateur de niveau pour mesurer la hauteur de liquide dans le réservoir d'ammoniac.

La réglementation allemande propose également, pour éviter les coups de liquide dans le compresseur, d'implanter des mesures de sécurité redondantes (interrupteurs à flotteur redondants ou à auto-surveillance ou par réglage de niveau à l'aide d'un limiteur de niveau maximal). Elle exige des indicateurs de niveau dans les parties d'installation non totalement noyées avec un asservissement à des alarmes sur des seuils haut ou bas selon le mode de fonctionnement.

Enfin, le guide finlandais suggère aussi que des clapets anti-retour soient installés sur les lignes d'aspiration ou que ces lignes soient placées sans possibilité d'accumulation de liquide froid ou d'huile dans les tuyauteries proches du compresseur.

4.3.9.4 PREVENTION DES CHOCS ET BRIS MECANIKUES

Pour éviter les chocs et bris mécaniques, pour la norme, il est essentiel :

- de protéger les tuyauteries, les raccords contre les chocs, les effets environnementaux défavorables ;
- de passer les tuyauteries dans des endroits où elles sont à l'abri des chocs comme par exemple en étant situées à une hauteur d'au moins 2,2 m au-dessus du niveau du sol.

Pour le guide québécois cette hauteur est de 2,3 m par rapport au sol.

Pour le guide finlandais, il faut protéger les pompes. Des sortes de cages métalliques fixées au plafond et entourant les évaporateurs peuvent également être utilisées en protection des évaporateurs.

Selon l'ASHRAE 15-2010 américain, une hauteur de 2,2 m par rapport au sol suffit.

Concernant le standard et les guides américains, il est précisé que les structures positionnées en hauteur doivent être construites en prenant en compte la suspension des capacités et tuyauteries ainsi que les charges dues à la neige ou aux précipitations.

Enfin, la réglementation espagnole reprend l'exigence de hauteur de 2,2 m.

La réglementation allemande, le guide des Pays-Bas et le code de Grande Bretagne n'abordent pas explicitement cette thématique.

4.3.9.5 SYNTHÈSE DE LA PRÉVENTION DES FUITES

Le tableau ci-après fait la synthèse de la prévention contre les fuites dans la norme par rapport aux exigences des divers pays étudiés.

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Revêtements anti-corrosion sous les isolations des tuyauteries	X	X	/	/	X	X	X	/
Prévention des coups de liquide (niveau haut sur la capacité en amont du compresseur)	X	X	/	/	/	X	X (redondance)	/
Prévention des coups de liquide (autres mesures)	/	X Clapets anti-retour sur lignes aspiration compresseur	/	/	/	/	/	/
Prévention des chocs et bris mécaniques Protection des tuyauteries ⁽¹⁾	X (2,2 m)	/	X (2,3 m)	/	X (2,2 m)	/	/	X (2,2 m)
Prévention des chocs et bris mécaniques (autres sujets que tuyauteries)	/	X (pompes protégées par cages)	/	/	/	/	/	/

Tableau 11 : Synthèse des prescriptions sur la prévention des fuites

Note (1) : tuyauteries protégées des chocs et si installation en hauteur, hauteur minimale requise par rapport au sol

4.3.10 Maîtrise des interventions techniques

Des interventions techniques sont réalisées sur les installations de manière occasionnelle (travaux). Pour encadrer les travaux, la norme exige un permis de travail (signé par le responsable des installations) et une supervision des travaux.

Des opérations entrent dans le cadre d'un fonctionnement normal (purges d'huile et d'incondensables, appoint d'ammoniac sur l'installation, vidange de l'installation). Ces dernières opérations nécessitent le stockage de récipients d'ammoniac.

Les chapitres suivants précisent les mesures proposées par la norme pour assurer la maîtrise de ces interventions.

4.3.10.1 GESTION DES PURGES D'HUILE ET D'INCONDENSABLES

Dans la norme, il est précisé que, dans un système de réfrigération, un robinet d'arrêt automatique doit être installé pour vidanger l'huile accumulée. Un autre robinet d'arrêt avec tige horizontale doit être installé en amont de celui-ci, sinon un robinet combinant ces deux fonctions doit être installé.

Selon le guide finlandais, le récipient de collecte ne doit pas être placé juste au-dessous de la vanne de vidange du séparateur d'huile. La poignée du raccord de la vidange d'huile doit être positionnée de façon à tenir en place pendant toute la durée de la vidange (une vanne type « homme mort » avec un tuyau de vidange conduisant la purge vers un récipient situé plus loin permettrait un libre accès à la vanne sans risque d'éclaboussures). Pour limiter, en cas de fuite lors d'une purge, la quantité d'ammoniac à celle du récipient récupérateur d'huile, il est conseillé de fermer la ligne entre le réservoir d'ammoniac et le récipient récupérateur d'huile.

Sur le même principe, dans le code de Grande Bretagne, il est demandé la mise en place d'une vanne « homme mort » pour effectuer les purges et qu'une deuxième personne soit présente lors de cette opération.

Les guides américains précisent que la purge des incondensables en partie haute d'un collecteur sur le circuit haute pression doit être réalisée à l'aide d'un récipient d'eau ouvert.

4.3.10.2 GESTION DES TRANSFERTS

4.3.10.3 GENERALITES

Les transferts correspondent à des vidanges d'installation ou des appoints d'installation. Ces deux modes sont traités dans les paragraphes qui suivent.

De manière générale, selon la norme, lorsque des transferts mettent en œuvre des conteneurs, il est exigé :

- de maintenir une liaison au conteneur juste le temps de l'opération de transfert ;
- de manipuler avec précaution les conteneurs.

La norme impose que :

- la pression à ne pas dépasser avant toute ouverture du système est de 0,3 bar à 20°C. Il est possible de faire ensuite le vide avant de le casser à l'azote, ceci sans oxygène sec ;
- les conteneurs de récupération de fluide frigorigène soient conformes (type prEN 60335-2-104) ;
- une plaque signalétique précisant notamment le type de fluide frigorigène soit apposée sur le conteneur ;
- les éléments de tuyaux flexibles soient protégés contre les agressions mécaniques, les contraintes excessives. Ce dernier point est aussi une exigence du code de Grande Bretagne et de la réglementation allemande.

La réglementation allemande demande simplement l'existence d'une consigne pour les opérations de remplissage.

Enfin, dans les documents américains, il est spécifié qu'en cas de chargement de réfrigérant, le système de charge ne doit pas rester branché hors des opérations et le transfert ne doit être fait qu'en conteneurs autorisés de charge 150 kg maximum.

4.3.10.4 MESURES SPECIFIQUES AUX VIDANGES DE L'INSTALLATION

La norme précise aussi des points à respecter lors des opérations de vidange des installations comme :

- la charge maximale admissible dans le conteneur,
- l'interdiction de mélange de fluides frigorigènes entre eux,
- l'interdiction de liaison à un système à une pression supérieure au conteneur ou à des tuyauteries dont la pression hydraulique est suffisante pour provoquer un retour du fluide vers le conteneur,
- les conditions de température pour établir une pression différentielle entre conteneur et système,
- l'existence d'un limiteur de pression dans le cas de bouteilles de charge à échelle volumétrique graduée.

La réglementation espagnole reprend en grande partie ces exigences.

Le code de Grande Bretagne dans son annexe E donne des règles de bon sens lors de la manipulation des capacités de stockages d'ammoniac.

4.3.10.5 MESURES SPECIFIQUES AUX APPOINTS DES INSTALLATIONS

Selon la norme, les appoints de l'installation sont à faire régulièrement en :

- ne dépassant pas la charge maximale admissible dans l'installation de réfrigération au risque de faire rentrer du liquide dans le compresseur ; on mesure donc la quantité de fluide transféré en masse ou volume avec une balance ou un dispositif volumétrique et le chargement en phase liquide ;
- en chargeant en partie basse pression de l'installation de réfrigération comme par exemple en un point en aval d'un robinet d'arrêt fermé sur tuyauterie principale liquide.

Le code de Grande Bretagne demande à ce que, lors des opérations d'appoint, le fonctionnement correct du déclenchement des sécurités soit vérifié dans l'ordre suivant :

- pression haute,
- différentiel de pression d'huile (automatisme et temps de réponse),
- basse pression,
- haute température du compresseur,
- tous les autres dispositifs de pression, atteinte de seuils et alarmes.

Selon les guides et code américains, il faut calibrer l'instrumentation de transfert avec précision : thermomètre ou manomètre. En outre, un seul conteneur doit être connecté à la fois et, si plusieurs devaient être utilisés en simultanément, il faut les connecter pour éviter un refoulement d'ammoniac. De plus, le point de chargement du circuit de réfrigération doit être côté basse pression de manière à ne pas occasionner d'entrée d'ammoniac liquide dans le compresseur sauf si l'installateur a prévu une vanne adaptée à l'opération. Enfin, dans le cas de citernes routières, c'est la pompe du camion qui doit être utilisée pour le chargement de l'installation de réfrigération avec un flexible approprié avec la présence du conducteur à proximité des points de manœuvre d'arrêt de transfert.

4.3.10.6 STOCKAGE DES RECIPIENTS D'AMMONIAC

La norme indique que les conteneurs stockés doivent être attachés solidement et disposer d'un capuchon fermé pour protéger le robinet du conteneur. Ils ne doivent pas être stockés sous le soleil ni près d'autres sources chaudes ou à risque d'incendie.

La norme n'interdit pas le stockage des récipients d'ammoniac à l'intérieur ou à l'extérieur des installations dès lors que des précautions sont prises et que le récipient est adapté. C'est aussi le cas dans le code de Grande Bretagne qui précise de ne pas stocker à une température >45°C.

Selon le guide finlandais, en salle des machines, il n'est toléré au maximum que 20% de la quantité totale mise en œuvre dans l'installation de réfrigération à l'ammoniac et à hauteur de 100 kg maximum (136 kg maximum selon le Guide Québécois).

Enfin, les conteneurs de stockage doivent être à l'extérieur selon les documents américains avec une indication expliquant qu'il viennent d'être chargés.

4.3.10.7 SYNTHÈSE DE LA MAÎTRISE DES INTERVENTIONS TECHNIQUES

Le tableau ci-après fait la synthèse de la maîtrise des interventions techniques dans la norme par rapport aux exigences des divers pays étudiés.

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Robinetts de purges adaptés	2 vannes dont une auto	vanne type homme mort	/	/	/	vanne type homme mort	/	/
Collecte des purges d'incondensables	/	/	/	/	X	/	/	/
Protection des flexibles de transfert	X	/	/	/	/	X	X	/
Matériel et/ou technique de transfert adaptés	X	X	X	/	X	X	X consigne	X
Conditions d'utilisation/stockage des conteneurs	X	X	X	/	X	X	/	X

Tableau 12 : Synthèse des prescriptions sur la maîtrise des interventions techniques

4.3.11 Contrôle et inspection des installations

4.3.11.1 TYPES D' ACTIONS NECESSAIRES AU CONTROLE ET A L'INSPECTION

Les vérifications citées dans la norme s'appuient sur différentes actions :

- **Des actions de contrôle relatives à la mise en service** : elles portent sur la réalisation d'essais sur la résistance à la pression, l'étanchéité, le bon fonctionnement, l'étalonnage et la vérification des détecteurs par un organisme compétent. Une check-list de points d'inspections visuelles externes est proposée dans la norme ;
- **Des actions ponctuelles de contrôle** : elles portent sur l'étanchéité des organes de sécurité, l'étalonnage et la vérification des détecteurs par un organisme compétent, la bonne réparation avec un contrôle au bout d'un mois si l'intervention fait suite à une fuite. Une check-list de points d'inspections visuelles externes est proposée dans la norme ;

- **Des actions régulières de contrôle** : elles portent sur les contrôles en service des installations contenant de l'ammoniac :
 - la vérification périodique du bon fonctionnement des dispositifs de limitation de pression (tous les 5 ans),
 - la vérification annuelle par essai de fuite et contrôle visuel des dispositifs de protection contre la surpression (soupapes, disques de rupture, bouchons fusibles,
 - un contrôle annuel du bon fonctionnement des systèmes d'alarme (interrupteurs, signaux d'urgence), de la ventilation mécanique et des détecteurs,
 - la vérification visuelle des dispositifs de secours et d'urgence (éclairage d'urgence, issues de secours, ouvertures pour le transfert et la ventilation),
 - un contrôle d'étanchéité au minimum annuel lorsque la charge est supérieure à 3 kg de fluide frigorigène,
 - la composition du fluide caloporteur secondaire d'un système de réfrigération ou de chauffage,
 - une vérification des équipements de protection individuelle (dont ARI) et la vérification de leur disponibilité et accessibilité.

Les actions relatives à la mise en service et aux actions ponctuelles de contrôle n'ont pas fait l'objet d'une comparaison avec les autres documents. Seules les actions régulières de contrôles ont été comparées.

Dans les pays étudiés, les prescriptions sur ces contrôles donnent le résultat suivant :

Pour les soupapes

- Pour la réglementation allemande comme pour le guide Québécois, la périodicité de contrôle complet des soupapes est de 5 ans ;
- Les guides américains retiennent un contrôle du fonctionnement correct des soupapes tous les ans. Les soupapes doivent en outre être changées ou re-certifiées tous les 5 ans. A noter que dans ces documents, il est précisé que les dispositifs de coupure et les manomètres utilisés pour tester les dispositifs de coupures doivent être testés annuellement. Enfin, un chapitre est dédié au test des seuils de basse et haute pression avec leur action de coupure ;
- Le guide Finlandais précise que le fonctionnement des pressostats doit être contrôlé. Bien qu'il précise le mode opératoire ce dernier ne donne pas la périodicité ;

Pour le système de détection et pour la ventilation :

- S'agissant des Pays-Bas, la périodicité de vérification du système de détection de fuite est de 6 mois et c'est au fabricant ou au fournisseur ou à l'installateur ou à un organisme spécialisé qu'incombe ce contrôle ;
- Dans le guide québécois le contrôle des dispositifs de détection est demandé et la périodicité étant de 6 mois à un an maximum ;

- Les documents américains précisent les éléments à contrôler, selon les recommandations du constructeur, l'état de propreté des ventilateurs, la lubrification de leurs moteurs, la tension des courroies, les dommages aux pâles, l'usure des couplages des ventilateurs, la coupure électrique de la SDM et un test des détecteurs d'ammoniac ;

Pour la protection des personnes :

- Selon le guide des Pays-Bas, les équipements de protection individuels doivent être contrôlés régulièrement.

Le code de Grande Bretagne, précise également que les autres fluides que l'ammoniac (saumure, huiles à base de silicone, glycol...) doivent être contrôlés sur les paramètres de concentration, pH, humidité, contamination.

Les standards et guides américains exigent le contrôle de tous les organes qui contiennent des joints.

En marge de ce qui spécifié dans la norme on trouve dans les documents des USA, une inspection annuelle de la surface externe des isolants thermiques et une inspection des paramètres de fonctionnement si l'installation n'a pas fonctionné durant 3 mois.

De la même manière ces documents évoquent des inspections devant être effectuées selon les modalités suivantes :

- compresseurs mis à l'arrêt et inspection tous les 3 mois,
- ESP : inspection régulière annuelle et inspection tierce partie tous les 5 ans,
- tubes d'échangeurs de chaleurs et des flexibles tous les 5 ans,
- vannes d'isolement : inspection visuelle tous les 6 mois, inspection externe tous les ans et démontage et test tous les 5 ans,
- pompes après isolement et ventilation à vérifier au moins une fois par mois pour s'assurer de l'absence de dommages et de corrosion des lignes adjacentes, du sens correct de rotation (nettoyage périodique du filtre généralement présent en amont),
- seuil haut de température de l'ammoniac et de l'huile ainsi que le niveau des liquides doivent être vérifiés,
- tuyauteries et leurs composants, supportages inspectés chaque année et toute perte d'épaisseur dépassant les 10% doit, après confirmation, faire l'objet d'une décision planifiée de remplacement. Tout test doit être fait avec de l'azote ou autre gaz ininflammable, non réactif : surtout pas d'air ou de mélanges contenant de l'air.

Les périodicités de contrôles sont fonctions des équipements et des recommandations du constructeur. Les plus rapprochées concernent :

- la remise en service,
- la suite de détériorations significatives de certains composants du système,
- l'exposition à un milieu corrosif ou conditions environnementales difficiles,
- les informations provenant de conditions de service actuelles sur le système ou sur des systèmes similaires,
- celles liées à des effets cycliques négatifs.

Ces mêmes guides demandent des tests de résistance à la pression des capacités et échangeurs de chaleur :

- s'ils sont rendus obligatoires par les réglementations ;
- si un test hydraulique est acceptable en lieu et place d'autres formes d'inspection et de tests non destructifs ;
- si la pression de design doit être changée ;
- s'il y a des modifications ou réparations importantes, il faudra alors faire ensuite un test d'étanchéité à la pression.

Le Code de Grande-Bretagne précise que la maintenance d'un compresseur ne peut être effectuée que par une personne compétente et les actions basées sur les recommandations du constructeur. Les contacts électriques doivent être contrôlés (serrage, mise à la terre) et l'absence de surcharge électrique des composants de sécurité doit être vérifiée par thermographie infrarouge. De plus, la maintenance doit être adaptée aux conditions climatiques, à l'âge des installations, à la connaissance des installations similaires...

Le guide Finlandais précise que la résistance des soudures doit être contrôlée régulièrement.

S'agissant du guide Québécois, il énumère les fréquences minimales d'inspection à réaliser pour les différentes parties de l'installation :

- tous les 4 ans pour les inspections sur les échangeurs (essais non destructifs, essais de pression et inspection des vaisseaux),
- tous les jours à tous les ans pour les compresseurs selon qu'il s'agisse d'une simple vérification ou d'une inspection approfondie,
- tous les ans pour les tuyauteries ou les pompes (visuel aussi tous les mois pour ces dernières).

A noter que le guide Québécois préconise une inspection journalière donnant lieu à l'enregistrement de certains paramètres (niveaux de liquide, pressions, températures de fonctionnement).

A noter que les actions de contrôles réguliers sur les équipements sous pression (réservoirs, échangeurs, tuyauteries...) ainsi que sur les pompes et compresseurs ne semblent pas décrites dans la norme.

4.3.11.2 SYNTHÈSE DES CONTRÔLES ET INSPECTIONS

Le tableau ci-après fait la synthèse des contrôles et inspections dans la norme par rapport aux exigences des divers pays étudiés.

Items des contrôles	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Contrôle du bon fonctionnement des dispositifs de limitation de pression	tous les 5 ans	X (pressostats)	/	/	/	/	/	/
Contrôle des soupapes, disque de rupture, bouchons fusible) ³	tous les ans	/	tous les 5 ans	/	tous les ans (changement/re-certification tous les 5 ans)	/	tous les 5 ans	/
Bon fonctionnement des systèmes d'alarme, de la ventilation mécanique et des détecteurs	tous les ans	/	/	6 mois à un an maxi	X	/	/	/
Vérification visuelle de l'éclairage d'urgence, du libre accès des issues de secours, ouvertures pour transfert et ventilation	X	/	/	/	/	/	/	/
Contrôle d'étanchéité	tous les ans (si charge > 3 kg)	/	/	/	/	/	/	/
Composition du fluide caloporteur secondaire (réfrigération comme chauffage)	tous les ans	/	/	/	/	X	/	/
Vérification des EPI (dont ARI), disponibilité, accessibilité	X	/	/	X	/	/	/	/
Contrôle des organes munis de joints	/	/	/	/	X	/	/	/

³ La nature des contrôles diffèrent selon les textes (contrôle simplement visuel ou examen complet)

Items des contrôles	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Inspection de la surface externe des isolants thermiques	/	/	/	/	tous les ans et de l'installation en général si pas de fonctionnement pendant 3 mois	/	/	/
Inspection des compresseurs	/	X	/	/	tous les 3 mois et si mis à l'arrêt	X	/	/
ESP	/	/	/	/	tous les ans et tierce partie tous les 5 ans	/	/	/
Tubes d'échangeurs	/	X	/	/	tous les 5 ans	/	/	/
Flexibles	/	/	/	/	tous les 5 ans	/	/	/
Vannes d'isolement	/	/	/	/	visuelle tous les 6 mois, inspection annuelle, démontage/test tous les 5 ans	/	/	/
Pompes	/	/	/	/	1 fois/mois	/	/	/
Seuils	/	/	/	/	Température haute pour l'ammoniac et l'huile	/	/	/
Tuyauteries/supportages	/	X	/	/	X	/	/	/

Tableau 13 : Synthèse des prescriptions sur les contrôles et inspections

4.3.12 Maîtrise des activités humaines

4.3.12.1 CONNAISSANCE DE L'INSTALLATION

Dans la norme, la bonne connaissance des installations passe par :

- l'existence d'une documentation relative aux équipements composant l'installation et comportant notamment les résultats d'essai, les certificats d'essai dûment signés par la personne compétente sur ces essais ;
- l'existence d'un manuel d'instructions comportant notamment des informations sur la description des installations, la mise en route, les contrôles à réaliser dans le cadre de la maintenance préventive, la commande, l'entretien et les consignes de sécurité... ;
- si la charge en fluide est supérieure à 3 kg, la tenue d'un registre devant être disponible en SDM. Celui-ci doit comporter des informations sur la maintenance, les réparations, la quantité et le type de fluide, le renouvellement de la charge, sa réutilisation, son recyclage avec les quantités associées, l'analyse permettant de savoir si fluide frigorigère réutilisé, l'origine du fluide, les modifications et/ou le remplacement du système, les résultats des essais périodiques et les périodes de non utilisation significatives.

Selon les documents américains, il est nécessaire de disposer d'une documentation de type diagrammes d'écoulement d'air, d'éléments sur le système de détection des vapeurs d'ammoniac et son calendrier de calibration, d'un diagramme d'identification des points de contrôles comme pour les vannes importantes en cas d'urgence ainsi que de la mise à disposition des opérateurs de l'analyse des risques. Ils précisent également qu'aucun test d'étanchéité après réparation de fuite ne doit être réalisé avec des gaz tels CO₂ ou halocarbures.

S'agissant du guide finlandais, la maîtrise des activités humaines par de la formation et la connaissance des installations est couverte par la norme SFS 5096 et il est recommandé que le personnel utilisateur assiste au montage des installations, à leur remplissage et aux essais de mise en service.

Enfin, le code de Grande Bretagne demande la mise à dispositions de P&ID, schémas de circulation des fluides, schémas électriques. De plus, un plan de maintenance (Pressure Systems Safety Regulations) est obligatoire sous conditions. Ces informations de fonctionnement des automatismes de sécurité doivent être enregistrées.

Le guide des Pays-Bas et la réglementation espagnole demandent également un manuel d'installation et d'instructions ainsi qu'un registre.

Dans la réglementation allemande, on retrouve l'exigence d'une documentation relative aux équipements et des consignes de sécurité.

Le Guide Québécois énonce les activités suivantes comme devant faire l'objet de procédures (entreposage de récipients, contrôle et détection de fuite, purge de l'évaporateur, surveillance du local technique en cas d'ouvrier travaillant seul, mesures de protections respiratoires, mesures d'arrêt d'urgence, entretien de routine d'équipement).

4.3.12.2 COMPÉTENCE/HABILITATION ET FORMATION/EXERCICES DU PERSONNEL

Selon la norme, le personnel d'exploitation et de surveillance doit être formé sur la base du manuel d'instructions. Elle prévoit aussi que le personnel soit formé aux interventions sur l'installation de réfrigération à l'ammoniac.

A noter que la maintenance ordinaire sans réglage du système (par exemple nettoyage des échangeurs et du condenseur) peut être réalisée par des non spécialistes.

Selon les Pays-Bas, le fonctionnement, la surveillance et l'entretien des systèmes de réfrigération requiert une formation adéquate. Ainsi, pour plus de 2,5 kg d'ammoniac dans le système, les connaissances et l'expérience du mode de fonctionnement, de la commande et du contrôle quotidien du système sont requis.

Pour le guide québécois, chaque équipe de quart doit présenter des membres formés à l'intervention (entraînement semestriel, titulaire et suppléant en cas d'absence).

S'agissant de la réglementation allemande, cette dernière prévoit aussi des exercices réguliers de secours.

Enfin, selon le standard et les guides américains, les installations de réfrigération à l'ammoniac doivent faire l'objet, de l'installation jusqu'au suivi en exploitation, d'une supervision par des personnes compétentes. Il est d'ailleurs admis que cette supervision soit réalisée par des personnes du site pourvu qu'elles associent cette supervision d'autres acteurs externes (des représentants des autorités administratives, des ingénieurs consultants, des ingénieurs de conception, du personnel technique d'utilisation, des fournisseurs d'équipement de réfrigération ou des assureurs).

4.3.12.3 RESPONSABILITE DE L'EXPLOITATION EN CAS D'INCIDENT

La norme ne précise rien sur ce point.

Le guide des Pays-Bas exige la désignation d'un responsable sur site qui doit être capable de prendre des mesures correctives en cas d'accident avec des consignes d'appel aux personnes appropriées en interne/externe.

4.3.12.4 PLANS ET CONSIGNES D'URGENCE

La norme ne précise rien sur ces points.

Selon le guide des Pays-Bas, une installation de plus de 5 000 kg d'ammoniac un plan d'urgence et une consigne en cas d'accident du à l'ammoniac doivent être établis pour garantir la sécurité du personnel (risque en cas de fuite ou d'incendie). Cette consigne doit couvrir la coordination des responsabilités et compétences, les actions à engager et doivent aussi s'appliquer à du personnel non technique travaillant à proximité (évacuation de visiteurs...). De plus, elle doit être affichée près de l'installation et connue des opérateurs et tiers et doit faire l'objet d'un exercice annuel. Au demeurant, avec une capacité moindre d'ammoniac, il est indiqué qu'un plan d'urgence peut être défini avec l'autorité compétente.

Pour le guide Finlandais, c'est dans le manuel d'utilisation des installations que doivent être consignées les coordonnées de la personne en charge de l'exploitation, de la société chargée de l'entretien ou de la personne d'astreinte avec les numéros de secours et les instructions en cas d'accident hors des horaires de travail.

Le guide québécois du CSST, évoque également la nécessité d'un plan d'urgence annuel d'évacuation et de l'utilisation des équipements de protection individuelle associés. En outre, un coordonnateur doit être désigné pour l'application des mesures d'urgence et un organigramme déterminant les rôles, responsabilités et coordonnées. Les autres documents requis sont les plans des locaux et des environs immédiats avec mention de diverses informations (issues de secours, soupapes, y compris celles qui existeraient sur le circuit d'extinction incendie, éclairage d'urgence, sorties des systèmes de ventilation, localisations des substances dangereuses, plan d'évacuation).

De même, un plan interne d'alerte fonctionnant de la même manière que pour la réglementation québécoise est défini dans la réglementation allemande. Elle prévoit aussi l'avertissement des autorités et la mise à disposition des informations nécessaires aux pompiers. Elle exige aussi que l'exploitant informe le voisinage de la conduite à tenir en cas d'odeur anormale d'ammoniac.

Dans les documents américains, lorsqu'une dispersion de 45 kg ou plus d'ammoniac sur 24 heures survient, des procédures décrites dans un plan d'urgence doivent être portées à la connaissance du personnel. A tous les niveaux hiérarchiques le personnel est concerné par les exercices en cas d'urgence avec des actions différentes selon leurs postes.

Enfin, dans ces mêmes documents américains, toute installation de plus de 25 kg de charge doit faire l'objet d'un schéma des opérations en cas d'urgence comprenant des instructions de mise en sécurité des installations, les noms et, adresses ainsi que les numéros de téléphone de l'astreinte et des contacts locaux, ceux de l'Etat et, de l'instance fédéral. L'entrée en SDM est interdite lors du retentissement de l'alarme, sauf pour les personnes munies des équipements de protection appropriés.

4.3.12.5 SYNTHÈSE DE LA MAÎTRISE DES ACTIVITÉS HUMAINES

Le tableau ci-après fait la synthèse de la maîtrise des activités humaines dans la norme par rapport aux exigences des divers pays étudiés.

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Documentation sur les équipements (dont essais)	X	X	/	X	X (diagrammes)	X	X	X
Manuel d'instructions	X	X	X	X	/	/	/	X
Registre (maintenance, réparation, modifications...)	X	X	/	X	/	X	X	X
Personnel formé à l'exploitation et la surveillance	X	/	/	X	X	/	/	/
Formation à l'intervention et exercices	/	/	X	/	/	/	X	/
Responsabilité de l'exploitant	/	/	/	X	/	/	/	/
Plans et consignes de secours	/	X	X	X	X	/	X	/

Tableau 14 : Synthèse des prescriptions sur la maîtrise des activités humaines

4.3.13 Protection générale des personnes

Dans la norme, les fuites ou rejets potentiels ne doivent pas conduire à exposer des personnes, même du fait du système de ventilation. Ainsi :

- aucune ouverture donnant vers l'extérieur ne doit être présente à moins de 2 m des escaliers de sortie de secours,
- il n'est pas autorisé de mettre un dispositif de décharge (limiteur de pression, soupapes) près d'une prise d'air de la SDM;
- les tuyauteries de fluide frigorigène ne doivent pas passer dans une cage d'ascenseur, un escalier, un corridor, un hall d'entrée, une sortie ou une gaine de ventilation ou de conditionnement d'air ;
- des portes « anti-panique » doivent être installées dans les locaux.

Par ailleurs, les locaux doivent également être équipés :

- d'un éclairage de secours,
- d'ARI vérifiés et entretenus, de médicaments, de produits chimiques atténuant les effets des brûlures chimiques, de couvertures de protection, masques à cartouche filtrante adaptés à l'ammoniac avec des cartouches de rechange en stock,
- de gants et protections oculaires,
- d'un dispositif de lavage d'yeux, d'une douche de sécurité quand la charge fluide frigorigène est de plus de 1 000 kg à 50l/s minimum en eau à température entre 25 et 30°C et en dehors de la sortie de secours de la salle des machines.

Ces équipements doivent être facilement accessibles hors de la zone de risque de fuite du frigorigène mais à proximité de l'entrée de cette zone.

La réglementation espagnole reprend les mêmes exigences concernant la prévention de l'exposition des personnes suite à rejet d'ammoniac. Le Code de Grande Bretagne reprend les exigences de la norme concernant la localisation du dispositif de décharge et la tuyauterie de fluide frigorigène. Il reprend également des exigences concernant l'existence d'une douche de sécurité et le dispositif de lavage d'yeux. Les documents américains le font également sans toutefois les corréler à une charge minimum d'ammoniac.

L'ASHRAE 15-2010 américain, exige que les portes permettant l'évacuation soient en nombre suffisant, donnent directement sur l'extérieur ou se referment toutes seules si elles donnent directement dans un bâtiment. Ce type de portes à fermeture automatique doit également être présent en SDM afin de permettre de préserver l'étanchéité du local.

Le standard et les guides américains redemandent un boîtier de commande d'urgence, à l'extérieur de la SDM (autrefois requis par plusieurs codes mécaniques et d'incendie puis abandonné sauf dans quelques juridictions). Il est destiné à fournir au sapeur-pompier le moyen d'une évacuation manuelle du contenu des récipients sous pression, soit vers d'autres parties du système, soit à l'atmosphère, soit dans un système d'absorption à l'eau. Le code américain demande également que l'éclairage d'urgence fasse l'objet d'un circuit indépendant de celui des installations.

La réglementation allemande, accepte également les dispositifs type talkies-walkies comme dispositifs d'alerte en cas de présence permanente de personnel. Le guide québécois demande une distance maximale de 10 m à parcourir pour sortir du local de machinerie vers l'extérieur. Il liste également le type de masque ou appareil respiratoire à utiliser en fonction de la concentration en ammoniac à laquelle le personnel peut être exposé.

Les cartouches filtrantes ne doivent être utilisées que pour des ambiances en-dessous de 250 ppm d'ammoniac et un masque facial à 35 ppm.

Le tableau ci-après présente de manière synthétique la comparaison entre les documents concernant la protection des personnes.

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Dispositions constructives protégeant les personnes	X (anti-propagation du feu pendant 60 mn mini)	/	/	X (anti-propagation du feu pendant 60 mn mini)	/	/	/	X
Commodité de l'agencement intérieure des installations	X	/	/	/	/	X	/	X
Position sécuritaire du dispositif de décharge	X	/	/	/	/	/	X	/
Issues de secours (et nombre suffisant)	X	/	/	X	/	/	/	X
Distance maximale à parcourir pour sortir	/	/	X (10 m)	/	/	/	/	/
Protection respiratoire (ARI, masque...)	X (ARI, masque)	X (masque à filtre pour Conc <<10 000 ppm) ARI si charge frigo > 500 kg)	X (masque cartouche si Conc < 250 ppm et < 300 ppm si air continu)	X	/	X	/	X
Dispositif d'alerte	X (sonore et visuel)	/	/	X (sonore et visuel si charge frigo >10 kg)	X	X	X (talkies-walkies) (information obligatoire du voisinage sur la conduite à tenir)	/
Eclairage de secours indépendant	X	/	/	X	X	/	/	/
Lave-oeil	X (si charge frigo > 1 000 kg)	X	/	X	X	X (si charge frigo > 1 000 kg)	/	/

Items	Norme NF EN 378	Guide Finlandais	Guide(s) Québécois	Guide des Pays-Bas	Standard et guides américains	Code de Grande Bretagne	Réglementation Allemande	Réglementation Espagnole
Gants/protection oculaire/vêtements	/	X Combinaison chimique obligatoire	X (masque facial si Conc < 35 ppm) Imperméabilité des vêtements si Conc > 500 ppm	/	/	/	/	X
Douche de sécurité	X (si charge frigo > 1 000 kg)	X	/	X (si charge frigo > 1 000 kg)	X	/	/	X
Accessibilité des protections individuelles	X	/	/	X	/	/	/	/

Tableau 15 : Synthèse des prescriptions pour la protection des personnes

4.3.14 Distances de sécurité

La norme ne fait pas mention de distances de sécurité.

Dans le guide Finlandais sur l'implantation des établissements industriels (TUKES), des distances sont proposées pour l'évacuation des personnes en cas de fuite :

- 100 mètres dans toutes les directions pour une petite fuite (0,1 kg/s),
- 300 mètres dans toutes les directions pour une grosse fuite (sachant que des irritations peuvent être ressenties à une distance de 2 000 mètres sous le vent et que le confinement est conseillé jusqu'à 1 000 mètres sous le vent).

Dans un autre document finlandais (Guide pour l'implantation des établissements industriels) – 2013 – Office Finlandais de la sécurité et des produits chimiques TUKES), un chapitre traite des usines employant de l'ammoniac et donne les distances de sécurité à respecter, selon la configuration de l'installation de réfrigération (A : condenseur, tuyauteries et autres équipements en SDM ou B : autre situation) et la quantité d'ammoniac.

Quantité d'ammoniac (t)	Type d'installation	Distance 1 (m)	Distance 2 (m)
$0,1 \leq m < 1,5$	A et B	25	50
$1,5 \leq m < 3,0$	A et B	40	100
$3,0 \leq m < 10$	Type A	40	150
	Type B	80	250

Tableau 16 : Distance de sécurité pour les installations de réfrigération d'ammoniac selon le TUKES

Distance 1 : distance par rapport aux limites de propriété, à une voie de circulation publique ou aux bâtiments extérieurs

Distance 2 : distance par rapport aux habitations, établissements de soins, écoles, crèches et lieux de rassemblement

Les autres documents ne font pas état de données explicites sur ce sujet.

La réglementation allemande précise simplement qu'une distance de sécurité doit être mise en œuvre en vue de limiter les effets d'un éventuel incident sur les enjeux vulnérables. Il demande la réalisation de modélisations des rejets potentiels qui peuvent être localisés au niveau de la ventilation ou au rejet des soupapes.

5. RESULTATS ET ANALYSE DE LA COMPARAISON

L'accidentologie réalisée avec le concours du BARPI a montré que les situations accidentelles susceptibles d'avoir impliqué des installations de réfrigération à l'ammoniac se produisent majoritairement lors de phases transitoires (travaux, maintenance, test des installations, ou lorsque l'activité est réduite) et qu'elles ont conduit très fréquemment à des dommages corporels impactant le personnel du site voire les tiers. Les causes identifiées de ces accidents ont mis en évidence la prédominance du facteur matériel, principalement pour les tuyauteries et leurs accessoires, mais également la prépondérance du facteur organisationnel.

La nécessité de maîtriser ces situations accidentelles conduit à des prescriptions qui se retrouvent dans les exigences réglementaires et recommandations de bonnes pratiques identifiées dans les pays étudiés.

Pour chacune des thématiques générales issues de la norme NF EN 378, l'analyse a permis de mettre en lumière les conclusions suivantes ;

- **Accès en SDM** : seuls la norme, les standards et guides américains ainsi que les réglementations espagnole et allemande présentent des exigences concernant l'accès en salle des machines ;
- **Rétention** : outre la norme, certains des pays étudiés (Pays-Bas, USA et Espagne) demande la mise en place d'une rétention afin de recueillir les écoulements de liquide (ammoniac/eau polluée) susceptibles de survenir en salle des machines ;
- **Détection ammoniac** : la majorité des pays exige la mise en place d'une détection d'ammoniac dans la salle des machines avec deux seuils de déclenchement : un premier seuil pour l'alarme et la ventilation d'urgence et un second seuil pour l'arrêt des installations. Seule l'Allemagne demande l'arrêt de la ventilation à un 3^{ème} seuil de détection. Le nombre de détecteurs varie selon les pays mais les recommandations vont généralement conduire à la mise en place de plusieurs détecteurs dans le local. Seul le guide finlandais précise la technologie (électrochimique ou semi-conducteur) ;
- **Alarme** : l'alarme suite à détection de fuite d'ammoniac doit être visuelle et sonore en dehors de la salle des machines pour la majorité des pays. Le report pour intervention est demandé dans certains pays ;
- **Ventilation** : les documents étudiés abordent généralement les conditions de ventilation normale (norme et documents des USA) et de ventilation d'urgence (sauf les guides finlandais et québécois et la réglementation allemande), avec des renouvellements d'air relativement homogènes. Hormis la norme, le guide des Pays-Bas et la réglementation espagnole le dimensionnement des entrées d'air est peu évoqué. La position des commandes est plus souvent mentionnée et prévoit alors systématiquement un déclenchement de la ventilation d'urgence à l'intérieur et à l'extérieur de la salle des machines ;

- **Isolement et arrêt des installations** : en plus de la norme, les pays tels que le Québec, la Grande Bretagne et l'Allemagne laissent la possibilité de mettre en place des vannes automatiques ou manuelles. Certains pays exigent la mise en place d'une électrovanne avec surveillance permanente de sa position de fonctionnement ;
- **Prévention contre les incendies et explosions** : il est surprenant de constater que peu de pays prévoit des dispositions coupe-feu au niveau des murs ou planchers, des gaines de ventilation ou des passages de murs de la salle des machines. Il est prévu dans de nombreux documents que l'extracteur d'urgence respecte les exigences de la directive ATEX (sauf pour les guides finlandais et des Pays-Bas). On note aussi que les systèmes d'extinction automatique à eau sont interdits la plupart du temps, sauf aux Etats-Unis où un tel dispositif doit être mis en place ;
- **Prévention de la surpression** : la présence de soupape est systématiquement prévue sur le réseau d'ammoniac. Le nombre de soupapes ainsi que la présence ou l'absence de disque de rupture varient selon les pays ;
- **Prévention des fuites d'ammoniac** : la plupart des documents prévoit des dispositions pour la prévention de la corrosion, des vibrations, des coups de liquide, des chocs et des bris mécaniques (aucun des documents ne traite pour autant systématiquement tous les items de cette thématique). Certains documents (ce n'est pas le cas de la norme) présentent des exigences relatives au supportage des tuyauteries et des équipements. Rappelons ici que les tuyauteries constituent la cause principale des défaillances matérielles ;
- **Maîtrise des interventions techniques** : pour la plupart des pays, les documents étudiés présentent des dispositions relevant de la conception des installations ou des conditions d'intervention. Seul le document des Pays-Bas ne présente pas de spécifications sur ce sujet ;
- **Contrôle et inspection des installations** : la norme et les standards américains constituent les supports documentaires les plus fournis. La très grande majorité des pays préconisent des contrôles sur la prévention de la corrosion et sur les dispositifs de prévention contre la surpression ;
- **Maîtrise des activités humaines** : la norme constitue le document le plus complet sur le contenu attendu de la documentation de l'installation, mais elle ne précise rien sur les plans et consignes d'urgence alors que ces éléments sont précisés fréquemment dans les autres documents. Peu de documents aborde la question de l'habilitation de compétence ou de la formation des intervenants sur des installations ;
- **Protection des personnes** : la norme constitue le document le plus fourni sur ce thème. Aucun des autres documents étudiés ne fait l'impasse sur la totalité des items de cette thématique ;
- **Distances de sécurité** : hormis le document finlandais, aucun document étudié ne donne explicitement de distances de sécurité.

6. CONCLUSIONS

La présente étude a pour objectif de comparer des réglementations, guides et codes utilisés en Europe et en Amérique du Nord sur les installations de réfrigération à l'ammoniac. Cette comparaison s'est basée sur la norme européenne NF EN 378. Une partie de la norme (partie relative à la salle des machines) est rendue obligatoire en France car la réglementation française des ICPE y fait référence.

L'étude des différents documents montre qu'une majorité de mesures sont partagées par les pays étudiés comme la détection de fuite, les mesures de prévention type soupape et/ou disque de rupture pour éviter les surpressions ou encore la ventilation d'urgence en salle des machines.

Toutefois, il existe des écarts. Ainsi la Finlande ou les USA sont les seuls à recommander un dispositif de neutralisation des émissions accidentelles. De la même façon, la norme ainsi que le Québec et l'Espagne interdisent les moyens d'extinction automatique alors que les USA les tolèrent.

Il faut noter par ailleurs que tous les documents étudiés ne sont pas autoporteurs ; ils font tous référence à d'autres documents, normes ou réglementations par exemple, qui n'entraient pas dans le champ de la présente étude.

Cet état des lieux nécessiterait sans doute d'être réactualisé régulièrement afin de suivre les évolutions réglementaires dans les différents pays. Ainsi, au moment de la réalisation de la présente étude, un guide à valeur réglementaire était en cours de rédaction au Danemark ; il serait pertinent de le prendre en compte dans une version future de ce rapport.

7. BIBLIOGRAPHIE

Renvoi dans le rapport	Références
Guide de sécurité des installations frigorifiques contenant de l'ammoniac	Sami LAMBERG, Risto LAUTKASKI et Kimmo VIROLAINEN – VTT Automaatio, 2000, Finlande
Guide d'implantation des établissements industriels	Leena AHONEN, Kaisa KOTISALO, Heikki KURTILLA, Timo TALVITIE, Tapani VALANTO, Tarja VALVISTO – TUKES, 2013, Finlande
Safety Code of Practice For Refrigerating Systems (utilising Refrigerant R-717 (ammonia))	The Institute of Refrigeration (IOR), 2009, Grande Bretagne
PSG 13	Rapport sur l'ammoniac comme frigorigène pour les installations de réfrigération et les pompes à chaleur – KNVvK, 2009, Pays-Bas
ANSI/ASHRAE Standard 15-210	Safety Standard for Refrigeration Systems – American Society of Heating, refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, 2010, USA
Système de réfrigération fonctionnant à l'ammoniac	Condensé du programme de gestion préventive – CSST1999, Québec, Canada
Système de réfrigération fonctionnant à l'ammoniac	Mesures de prévention – CSST, 2009, Québec, Canada
TRAS 110	Prescriptions techniques de sécurité relatives aux installations frigorifiques à l'ammoniac – Bundesanzeiger, novembre 2008, Allemagne
Décret n°138/2011	Décret du 4 février 2011 portant règlement de sécurité pour les installations frigorifiques ainsi que sur des instructions techniques complémentaires – Ministère de l'Industrie, du Tourisme et du Commerce, Espagne
Norme NF EN 378	Norme AFNOR sur les systèmes de réfrigération et pompes à chaleur, exigences de sécurité et d'environnement, juillet 2012
Bulletins n°110 à 112 et n°116	International Institute of Ammonia Refrigeration (de 1992 à 2002 selon les bulletins), USA

8. ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Fiches présentant les documents étudiés	13

Annexe 1 :
Fiches présentant les documents consultés

Safety Standard for Refrigeration Systems

Référence : ISSN 1041-2336

Lien Internet : <https://www.ashrae.org/standards-research--technology/standards-addenda>

Rédacteurs : ASHRAE Standard

Date du document : 15 - 2010

Langue de disponibilité : anglais

Nombres de pages :

1-20

20-50

50-100

> 100

Nature du document :

Guide Code Norme réglementation autre

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)

ammoniac

autres fluides

Contenu

- 1 . Objectif
- 2 . Périmètre
- 3 . Définitions
- 4 . Classification d'occupation
- 5 . Classification Réfrigérante de Sécurité
- 6 . Restrictions d'Installation
- 7 . Conception et construction d'équipement et systèmes
- 8 . Exigences Générales
- 9 . Priorité en cas d'exigences contradictoires
- 10 . Equipements concernés

Safety Criteria for a safe Ammonia Refrigeration System

Référence : Bulletin No 109

Lien Internet :

https://www.osha.gov/SLTC/etools/ammonia_refrigeration/references/iar_bulletin109.html

Rédacteurs : International Institute of Ammonia Refrigeration (IIAR)

Date du document : 10/1997

Langue de disponibilité : anglais

Nombres de pages :

1-20

20-50

50-100

> 100

Nature du document :

Guide Code Norme réglementation autre

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation (inspections)

Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)

ammoniac

autres fluides

Contenu

- 1 . Objectif
- 2 . Périmètre
- 3 . Définitions
- 4 . Critères de sécurité
- 5 . Fréquence des inspections de sécurité
- 6 . Titres et sources des références
- 7 . Cheklists d'inspection

Start-up, Inspection and Maintenance of Ammonia Mechanical Refrigerating Systems

Référence : Bulletin No.110

Lien Internet :

https://www.osha.gov/SLTC/etools/ammonia_refrigeration/references/iar_bulletin110.html

Rédacteurs : International Institute of Ammonia Refrigeration

Date du document : 03 / 1993

Langue de disponibilité : anglais

Nombres de pages :

1-20

20-50

50-100

> 100

Nature du document :

Guide Code Norme réglementation autre

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)

ammoniac

autres fluides

Contenu

- 1 . Généralités
- 2 . Définitions
- 3 . Caractéristiques et dangers de l'ammoniac
- 4 . Enregistrements
- 5 . Mise en service des nouvelles installations
- 6 . Inspections et maintenance
- 7 . Titres et sources des références

Ammonia Machinery Room Ventilation

Référence : Bulletin No. 111

Lien Internet :

https://www.osha.gov/SLTC/etools/ammonia_refrigeration/references/iiar_bulletin111.html

Rédacteurs : International Institute of Ammonia Refrigeration

Date du document : 06 / 2002

Langue de disponibilité : anglais

Nombres de pages :

1-20

20-50

50-100

> 100

Nature du document :

Guide Code Norme réglementation autre

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)

ammoniac

autres fluides

Contenu

- 1 . Introduction
- 2 . Périmètre
- 3 . Exigences conceptuelles pour la ventilation
- 4 . Mise en service et maintenance
- 5 . Exemple de conception de ventilation
- 6 . Références

Ammonia Machinery Room Design

Référence : Bulletin No. 112

Lien Internet :

https://www.osha.gov/SLTC/etools/ammonia_refrigeration/references/iar_bulletin112.html

Rédacteurs : International Institute of Ammonia Refrigeration

Date du document : 06 / 1998

Langue de disponibilité : anglais

Nombres de pages :

1-20 20-50 50-100 > 100

Nature du document :

Guide Code Norme réglementation autre

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception L'exploitation

Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)

ammoniac autres fluides

Contenu

- 1 . Introduction
- 2 . Périmètre
- 3 . Sources de références
- 4 . Exigences conceptuelles et préventives

Avoiding Component Failure in Industrial Refrigeration Systems Caused by Abnormal Pressure or Shock

Référence : Bulletin No. 116

Lien Internet :

https://www.osha.gov/SLTC/etools/ammonia_refrigeration/references/iar_bulletin116.html

Rédacteurs : International Institute of Ammonia Refrigeration

Date du document : 10 / 1992

Langue de disponibilité :

Nombres de pages :

1-20

20-50

50-100

> 100

Nature du document :

Guide Code Norme réglementation autre

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)

ammoniac

autres fluides

Contenu

- 1 . Introduction
- 2 . Périmètre
- 3 . Définitions
- 4 . Piégeage de liquide
- 5 . Brusque décélération de circulation de liquide
- 6 . Ejection de liquide provoqué par la phase gazeuse
- 7 . Situations normales et anormales

Safety code of Practice for Refrigerating systems
Référence : ISBN 1 8.72719.17 1
Lien Internet : http://www.ior.org.uk/X6EXMVYYAD
Rédacteurs : The Institute of Refrigeration, Kelvin Housse
Date du document : 1979
Langue de disponibilité : anglais
Nombres de pages :
<input type="checkbox"/> 1-20 <input type="checkbox"/> 20-50 <input checked="" type="checkbox"/> 50-100 <input type="checkbox"/> > 100
Nature du document :
<input type="checkbox"/> Guide <input checked="" type="checkbox"/> Code <input type="checkbox"/> Norme <input type="checkbox"/> réglementation <input type="checkbox"/> autre
Critères de classement :
Document utile pour :
<input checked="" type="checkbox"/> La conception <input type="checkbox"/> L'exploitation
Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)
<input checked="" type="checkbox"/> ammoniac <input type="checkbox"/> autres fluides
Contenu
<ul style="list-style-type: none"> 1 . Généralités 2 . Propriétés pertinentes de l'ammoniac 3 . Conception du système et installation 4 . Test du système 5 . Mise en service des nouvelles installations 6 . Inspection et maintenance 7 . Documentation 8 . Démantèlement des installations 9 . Références, norme et réglementation

L'ammoniac comme frigorigène pour les installations de réfrigération et les pompes à chaleur

Référence : PGS 13:2009 VERSION 1.0 (2-2009)

Lien Internet :

<http://content.publicatiereeksgevaarlijkstoffennl/documents/PGS13/PGS13-2009-v1.0-ammoniak-als-koudemiddel.pdf>

Rédacteurs : *Publications Matières Dangereuses (PMG)*

Date du document : 2009

Langue de disponibilité : néerlandais

Nombres de pages :

1-20

20-50

50-100

> 100

Nature du document :

Guide Code Norme réglementation autre

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)

ammoniac

autres fluides

Contenu

- 1 . Introduction
- 2 . Quantité totale maximale d'ammoniac autorisée en fonction de la zone occupée, du montage et du type de système de réfrigération
- 3 . Conception de l'installation de réfrigération
- 4 . Dispositifs de sécurité
- 5 . Salle des machines
- 6 . Montage, Remplissage et livraison
- 7 . Contrôle et Inspection
- 8 . Fonctionnement
- 9 . Compétence et certification de qualification professionnelle

Guide de sécurité des Installation frigorifiques contenant de l'ammoniac

Référence : ISBN 952-91-2036-2

Lien Internet :

<http://www.tsr.fi/tsarchive/tutkimus/uuttatutkittua/hanke76af.html?id=100002>

Rédacteurs : S.LAMBERG/R.LAUTKASKI/K.VIROLAINEN

Työsuojelurahasto/Turvatekniikan keskus TUKES/VTT

Date du document : 2000 (supposée)

Langue de disponibilité : finlandais

Nombres de pages :

1-20

20-50

50-100

> 100

Nature du document :

Guide Code Norme réglementation autre

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)

ammoniac

autres fluides

Contenu

- 1 . Introduction
- 2 . L'ammoniac utilisé comme fluide frigorigène
- 3 . Caractéristiques de l'ammoniac
- 4 . Cas typiques de risque
- 5 . Prévention des accidents et mesures de sécurité
- 6 . Mode opératoire en cas d'accident
- 7 . Législation et règlements concernant une installation frigorifique

Systemes de réfrigération fonctionnant à l'ammoniac – Mesures de prévention

Référence : ISBN 978-2-550-54034-2

Lien Internet : http://www.csst.qc.ca/publications/200/Pages/dc_200_16280.aspx

Rédacteurs : Commission de la santé et de la sécurité du travail au Québec

Date du document : 2009

Langue de disponibilité : français

Nombres de pages :

1-20 20-50 50-100 > 100

Nature du document :

Guide Code Norme réglementation autre

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception L'exploitation

Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)

ammoniac autres fluides

Contenu

- 1 . Introduction
- 2 . Connaissance générale de l'ammoniac
- 3 . Installation, fonctionnement et entretien d'un système de réfrigération fonctionnant à l'ammoniac
- 4 . Gestion préventive de la santé et de la sécurité
- 5 . Principaux intervenants publics en matière de sécurité des installations

Systèmes de réfrigération fonctionnant à l'ammoniac – Condensé du programme de gestion préventive

Référence : ISBN-978-2-550-54249-0

Lien Internet : http://www.csst.qc.ca/publications/200/Pages/dc_200_16281.aspx

Rédacteurs : Commission de la santé et de la sécurité du travail au Québec

Date du document : 1999

Langue de disponibilité : français

Nombres de pages :

1-20 20-50 50-100 > 100

Nature du document :

Guide Code Norme réglementation autre

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception L'exploitation

Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)

ammoniac autres fluides

Contenu

- 6 . Des accidents graves. L'urgence d'accroître notre vigilance
- 7 . Formation et Information
- 8 . Respect de la réglementation relative aux plans et devis ainsi qu'aux installations
- 9 . Inspection périodique des installations
- 10 . Gestion préventive des éléments des systèmes
- 11 . Organisation et mise en œuvre des mesures de protection de la santé et de la sécurité

L'ammoniac comme frigorigène pour les installations de réfrigération et les pompes à chaleur

Référence : PGS 13:2009 VERSION 1.0 (2-2009)

Lien Internet : [http:// www.gaa.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/16507/5_110.pdf](http://www.gaa.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/16507/5_110.pdf)

Rédacteurs : *Publications Matières Dangereuses (PMG)*

Date du document : 2009

Langue de disponibilité : allemand

Nombres de pages :

1-20 20-50 50-100 > 100

Nature du document :

Guide Code Norme réglementation autre

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception L'exploitation

Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)

ammoniac autres fluides

Contenu

- 1 . Domaine d'application
- 2 . Définitions
- 3 . Propriétés des substances et sources de danger
- 4 . Prescriptions relatives aux installations frigorifiques à l'ammoniac
- 5 . Contrôles

Real decreto 138/2011, de 4 de febrero ; por el que se aprueban el Reglamento de seguridad par instalaciones frigorificas y sus instrucciones técnicas complementarias

Référence :

Lien Internet : http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2011-4292

Rédacteurs : Ministerio de Industria, Turismo y comercio

Date du document : 8 mars 2011 (publication)

Langue de disponibilité : espagnole

Nombres de pages :

1-20 20-50 50-100 > 100

Nature du document :

Guide Code Norme réglementation autre

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception L'exploitation

Nature du(es) fluide(s) frigorigène(s) évoqué(s)

ammoniac autres fluides

Contenu

- IF 01 : terminologie
- IF 02 : classification des réfrigérants,
- IF 03 : classification des systèmes de réfrigération
- IF 04 : utilisation des différents réfrigérants
- IF05 : conception, construction, matériaux isolants utilisés dans les composants de réfrigération
- IF 06 : composants de l'installation
- IF 07 : salle des machines spécifiques, conception et construction,
- IF 08 : protection des installations contre les surpressions,
- IF 09 : essais, épreuves et révisions préalables à la mise en service
- IF 10 : documentation,
- IF 11 : chambres frigorifiques, chambres à atmosphère artificielle et locaux réfrigérés par un procédé
- IF 12 : installations électriques
- IF 13 : Moyens techniques minimums requis pour l'habilitation d'entreprises frigoristes
- IF 14 : Maintenance, révisions et inspections périodiques des installations frigorifiques
- IF 15 : mise en service des installations frigorifiques
- IF 16 : Moyens de prévention et de protection du personnel
- IF 17 : manipulation des réfrigérants et réduction des fuites dans les installations frigorifiques,
- IF 18 : identification des tuyauteries
- IF 19 : Liens avec les normes de référence



INERIS

*maîtriser le risque
pour un développement durable*

Institut national de l'environnement industriel et des risques

Parc Technologique Alata
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : ineris@ineris.fr - **Internet** : <http://www.ineris.fr>