

RAPPORT D'ÉTUDE
N° DRA-10-102957-01613B

22/06/2010

DRA 71 – Opération A1

Référentiels, normes et guides de bonnes pratiques pour le stockage, le chargement et le déchargement de l'ammoniac

Rapport final

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

DRA71 – Opération II A1

Référentiels, normes et guides de bonnes pratiques pour le stockage, le chargement et le déchargement de l'ammoniac

INERIS

Client : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer / BARPI

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Christophe BOLVIN, Fabrice RICHEZ, Aurélie BARBE

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	Christophe BOLVIN	Valérie DE DIANOUS	Marie Astrid KORDEK	Sylvain CHAUMETTE	Yann MACÉ
Qualité	Responsable de l'unité Evaluation Quantitative des Risques Direction des Risques Accidentels	Responsable du programme DRA 71 Direction des Risques Accidentels	Déléguée Appui à l'administration Direction des Risques Accidentels	Responsable du Pôle Analyse et Gestion Intégrées des Risques Direction des Risques Accidentels	Directeur Direction des Risques Accidentels
Visa					

TABLE DES MATIÈRES

1. GLOSSAIRE	9
2. INTRODUCTION	11
2.1 Contexte de l'étude	11
2.2 Champ de l'étude	12
2.3 Nature des changements pour cette nouvelle version	12
2.4 Point spécifique sur la réglementation.....	12
2.5 Structure du rapport	14
3. TYPOLOGIE DES INSTALLATIONS STOCKANT L'AMMONIAC ET DES POSTES DEPOTAGES	15
3.1 Brève histoire de l'ammoniac	15
3.2 Trois types de stockage	16
3.2.1 Les stockages cryogéniques d'ammoniac	16
3.2.2 Les stockages d'ammoniac réfrigéré	18
3.2.3 Les stockages d'ammoniac sous pression	18
3.3 Les postes de chargement & déchargement.....	18
3.3.1 Opérations de déchargement d'un camion-citerne	18
3.3.2 Opération de déchargement d'un wagon-citerne	19
4. LE RETOUR D'EXPERIENCE	21
4.1 Le retour d'expérience propre au stockage.....	21
4.2 Le retour d'expérience pour les opérations de chargement & déchargement	23
4.2.1 Les principaux éléments de l'analyse du BARPI	23
4.2.2 Le cas spécifique de la rupture de la connexion	24
5. PRESENTATION DES GUIDES, OU NORMES UTILISEES PAR LES INDUSTRIELS OU CITEES DANS LA BIBLIOGRAPHIE	27
5.1 Présentation de la recherche effectuée par l'INERIS	27
5.2 Présentation du panorama des documents retenus	29
5.2.1 Les guides professionnels	29
5.2.2 Les normes	30
5.2.3 Les autres documents	30
5.3 Un premier constat	30
6. GUIDES PROFESSIONNELS	33

6.1	Guide développé par le GT sectoriel national NH3	33
6.1.1	Objet	33
6.1.2	Structure du guide.....	33
6.1.3	Avis sur le document.....	34
6.2	HS(G) 30 : Storage of anhydrous ammonia under pressure in the UK: spherical and cylindrical vessels	35
6.2.1	Objet du guide.....	35
6.2.2	Structure du guide.....	35
6.2.3	Avis sur le document.....	35
6.2.4	Point notable	36
6.3	Guide EFMA « recommendations for the safe and reliable inspection of atmospheric, refrigerated ammonia storage tanks ».....	38
6.3.1	Objet	38
6.3.2	Structure du guide.....	38
6.3.2.1	Présentation de la structure du guide	38
6.3.2.2	Description des domaines d'étude.....	39
6.3.2.3	Présentation de quelques points clés du guide	39
6.3.3	Avis sur le document.....	40
6.4	Guide UNIFA « Contrôle technique par l'exploitant des réservoirs cryogéniques d'ammoniac »	41
6.4.1	Objet du guide.....	41
6.4.2	Structure du guide.....	41
6.4.2.1	Présentation de la structure du guide	41
6.4.2.2	Présentation de quelques points clés	42
6.4.3	Avis sur le document.....	43
6.5	Guide EFMA « guidance for transporting ammonia by rail »	43
6.5.1	Objet du guide.....	43
6.5.2	Structure du guide.....	43
6.5.3	Présentation de quelques points clés	44
6.5.3.1	Recommandations propres à la zone de dépotage	44
6.5.3.2	Recommandations pour la prévention du surremplissage	45
6.5.3.3	Recommandations pour les équipements de déchargement.....	45
6.5.3.4	Recommandations pour le bras de déchargement.....	46
6.5.3.5	Recommandations pour les équipements d'urgence	46
6.5.3.6	Le rideau d'eau.....	47
6.5.3.7	Le semi-confinement dynamique.....	47

6.5.3.8	Les procédures.....	48
6.5.4	Avis sur le document	48
6.6	Guide de l'industrie canadienne pour le stockage et la manipulation des engrais	49
6.6.1	Objet du guide	49
6.6.2	Structure du guide	49
6.6.2.1	Présentation de la structure du guide.....	49
6.6.2.2	Présentation de quelques points clés.....	49
6.6.3	Avis sur le document	51
7.	NORMES	53
7.1	Norme NF EN 14620.....	53
7.1.1	Objet de la norme	53
7.1.2	Contenu de la partie 1 de la norme.....	53
7.1.2.1	Présentation de la structure.....	53
7.1.2.2	Présentation des points clés.....	54
7.1.3	Contenu de la partie 2 de la norme.....	56
7.1.4	Contenu de la partie 5 de la norme.....	56
7.1.5	Avis sur la norme	57
7.2	Norme australienne / néo-zélandaise AS / NZS 2022 : 2003 « Anhydrous ammonia – storage and handling »	57
7.2.1	Objet de la norme	57
7.2.2	Structure de la norme	57
7.2.2.1	Présentation de la structure.....	57
7.2.2.2	Présentation de quelques points clés.....	58
7.2.3	Avis sur la norme	59
7.3	Norme américaine ANSI K61.1 « American national standard safety requirements for the storage and handling of anhydrous ammonia »	59
7.3.1	Objet.....	59
7.3.2	Structure de la norme	60
7.3.3	Avis sur la norme	60
7.4	Norme néerlandaise PGS 12 « Stockage et déchargement d'ammoniac ».....	61
7.4.1	Objet.....	61
7.4.2	Structure de la norme	61
7.4.3	Avis sur le document	61
7.5	L'API Standard 620 « Design and construction of large, welded, low – pressure storage tanks »	61

7.5.1	Objet de la norme	61
7.5.2	Structure de la norme	62
7.5.3	Avis sur le document.....	63
8.	AUTRES TYPES DE DOCUMENTS.....	65
8.1	BREF NH3 : LVIC-AAF (Large Volume Inorganic Chemicals).....	65
8.1.1	Introduction	65
8.1.2	Les réservoirs de stockage	65
8.1.3	Les équipements de transfert	66
8.1.4	Les opérations de (dé)chargement des citernes routières et ferroviaires	66
8.1.5	Les opérations de (dé)chargement par bateau	67
8.1.6	Avis sur le BREF	67
8.2	Rapport INERIS 2002.....	68
8.2.1	Présentation.....	68
8.2.2	Contenu	68
8.2.2.1	Présentation de la structure du rapport	68
8.2.2.2	Présentation des éléments clés pour le dépotage	68
8.2.2.3	Présentation des éléments clés pour le stockage.....	70
8.2.3	Avis sur le rapport INERIS 2002	72
8.3	Rapport IPSN	72
8.3.1	Présentation.....	72
8.3.2	Contenu	72
8.3.3	Avis sur le rapport IPSN.....	73
8.4	Lee's loss prevention in the process industry	73
8.4.1	Présentation.....	73
8.4.2	Contenu	73
8.4.3	Avis sur le document.....	73
8.5	La « check-list ammoniac » (Belgique).....	74
8.5.1	Présentation générale des check-list utilisées en Belgique	74
8.5.1.1	Introduction.....	74
8.5.1.2	Elaboration des « check-list ».....	74
8.5.2	Présentation de la « check-list ammoniac ».....	75
8.5.2.1	Structure générale de la « check-list ammoniac »	75
8.5.2.2	Présentation des systèmes et sous-systèmes d'études	75
8.5.2.3	Présentation d'un point clé	76
8.5.3	Avis sur la check-list	76

9. ANALYSE DES GUIDES, NORMES ET AUTRES DOCUMENTS DE REFERENCE.....	79
9.1 Analyse comparée des domaines d'application des documents consultés .	79
9.2 Comparaison des aspects couverts par les documents consultés	80
9.3 Comparaison des prescriptions concernant les stockages.....	82
9.3.1 Introduction.....	82
9.3.2 Les distances de sécurité	83
9.3.3 Le surremplissage	85
9.3.4 La dépression – La surpression.....	86
9.3.5 La prévention de la corrosion et les inspections	88
9.3.6 La réfrigération.....	89
9.3.7 La détection et la limitation de la fuite.....	90
9.3.8 La prévention de la source d'ignition et moyens de lutte contre l'incendie autour des installations d'ammoniac.....	93
9.3.9 La protection contre les chocs	94
9.3.10 Les mesures de protection	95
9.3.11 D'autres mesures	97
9.4 Comparaison des prescriptions concernant le poste de dépotage.....	97
9.4.1 Les distances de sécurité	97
9.4.2 Prévention des agressions externes.....	98
9.4.3 Prévention des risques d'arrachement	99
9.4.3.1 Pour le dépotage camion.....	99
9.4.3.2 Pour le dépotage wagon	99
9.4.3.3 Pour le dépotage bateau	100
9.4.4 Prévention des risques d'incendie	100
9.4.5 Les mesures de protection (cuvette, rideaux d'eau, etc.)	101
9.4.6 Où trouver l'information la plus pertinente ?	102
10. CONCLUSION.....	103
11. BIBLIOGRAPHIE	105
12. LISTE DES ANNEXES	107

1. GLOSSAIRE

ANSI	American National Standards Institute
API	American Petroleum Institute
AS/NZS	Australian/New Zealand Standard
BREF	Best Available Techniques Reference document
BS	British Standard
DOT	Department of transportation (Etats-Unis)
EFMA	European Fertilizer Manufacturers Association
ESP	Equipement Sous Pression
HSE	Health and Security Executive
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
IPSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
PLANOP	Progressive Loss of Containment Analysis – Optimizing Prevention
PPRT	Plans de Prévention des Risques Technologiques
PGS	Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen
SCC	Stress Corrosion Cracking
UNIFA	Union des industries de la fertilisation

2. INTRODUCTION

2.1 CONTEXTE DE L'ETUDE

Le Programme EAT- DRA 71 (« Evaluation des risques des Systèmes industriels ») a pour objectif de renforcer et de partager une expertise sur les systèmes industriels à risques, mais également prévoit de développer ou de donner un avis sur les outils et/ou méthodes permettant de les évaluer dans le contexte réglementaire actuel.

La présente étude s'inscrit dans l'opération A.1 relative à la mise en évidence des règles de bonnes pratiques retenues et publiées par les professionnels à l'étranger pour différents secteurs d'activité.

L'un des secteurs d'activité identifié dans le cadre de cette tâche est celui des réservoirs de stockage d'ammoniac.

Ce rapport est intitulé « Référentiels, normes et guides de bonnes pratiques pour le stockage, le chargement et le déchargement de l'ammoniac ». Il a pour objectif de présenter et d'analyser les documents les plus pertinents qui concernent le stockage de l'ammoniac et son chargement et déchargement.

Il permet d'identifier les bonnes pratiques en matière de sécurité au travers de référentiels européens, voire internationaux.

Pour la partie stockage, ces pratiques concernent à la fois la conception et l'exploitation des réservoirs.

Il permettra d'avoir une meilleure connaissance des documents de référence et de comparer leurs prescriptions.

Il a été réalisé dans un but pratique. A ce titre, des fiches de présentation ont été annexées au rapport en vue de présenter en quelques lignes les documents analysés.

Nous avons recherché à viser l'exhaustivité dans cette recherche documentaire, sans pourtant en avoir la garantie. En effet, nous nous sommes rapprochés d'organismes européens ou encore d'industriels qui nous ont aidés dans cette recherche.

Ce document demande à « rester vivant », c'est-à-dire à pouvoir être réactualisé à une fréquence qui reste à déterminer. Il peut en effet servir de support lors des instructions des études de dangers ou de leur réalisation ou encore lors de la préparation des inspections.

2.2 CHAMP DE L'ETUDE

Dans le rapport, le stockage est présenté selon ses trois modes de réalisation : stockage cryogénique, stockage réfrigéré et stockage à température ambiante.

Le champ de l'étude couvre donc les trois types de réservoirs, y compris les installations de réfrigération qui servent à la liquéfaction de la phase gazeuse de l'ammoniac pour les cryogéniques et réfrigérés.

2.3 NATURE DES CHANGEMENTS POUR CETTE NOUVELLE VERSION

Ce document constitue la version actualisée du projet paru fin 2008.

- ✓ Elle se voit agrémentée **d'un nouveau volet traitant des postes de dépotage** camion, wagon et bateau.

Aussi, un **nouveau document de référence** est cité et traité. Il s'agit du guide produit par l'EFMA sur les opérations de dépotage wagons d'ammoniac. Ce nouvel opus a donc impliqué une modification de tous les chapitres : description, REX, présentation des guides et leur analyse.

- ✓ Les éléments figurant dans la version 1 ont été revus, vérifiés et complétés, suite notamment à la contribution d'un industriel.

2.4 POINT SPECIFIQUE SUR LA REGLEMENTATION

Si en France, les textes réglementaires sont connus¹, nous avons espoir que cette version 2 soit enrichie par l'identification de textes réglementaires dans d'autres pays.

Après un travail conséquent qui a consisté notamment :

- à solliciter les membres du GT ammoniac et notamment ses industriels : GPN, YARA, ARKEMA, RHODIA,
- à rechercher des informations sur internet et dans différentes bases de données,
- et à contacter directement des autorités des pays ou encore des contacts avec des instituts équivalents à l'INERIS,

¹ Les textes français sont les suivants :

- Arrêté du 20 février 1978 relatif aux réservoirs (> 120 m³) utilisés à l'emmagasiner de l'ammoniac liquéfié sous pression au plus égale à quatre bars
- Circulaire n°4688/DPPN/SEI/RG/DT du 16 octobre 1975 relative aux établissements classés : gros stockages d'ammoniac
- Circulaire du 4 septembre 1970 relative aux dépôts d'ammoniac liquéfié non réfrigéré (> 1 tonne)

il apparaît que cette recherche fait apparaître une grande difficulté pour identifier les éventuels textes réglementaires sur les stockages d'ammoniac. Ces installations sont en effet traitées dans le cadre des études de dangers, et ne semblent pas faire l'objet de textes spécifiques en Europe.

Ces difficultés à identifier les textes réglementaires a par ailleurs été remontée au Bureau des Risques à plusieurs reprises, dans un souci de transparence.

En conclusion, les principaux contacts, indiqués dans le tableau ci-dessous, nous ont déclaré que les guides européens de l'EFMA sont principalement utilisés.

Contacts pris en 2009	Organisme	Etat des lieux
Allemagne	Federal Institute of Materials Research and Testing (BAM)	Notre contact nous a invités à se rapprocher des syndicats européens, car il n'avait pas la connaissance précise des textes existants.
Angleterre	HSL	Notre contact nous a indiqué que seul le guide HS G(30) était utilisé. Il n'existerait pas de texte spécifique.
	EA (Environment Agency)	Pas de réponse
Pays-Bas	RIVM	Notre rencontre aux Pays-Bas a permis d'identifier l'absence de texte réglementaire spécifique. Le PGS 12 ne semble plus utilisé. Les industriels utilisent désormais les guides de l'EFMA reconnus nationalement.
Europe	EFMA	Nos échanges par courriel, avec l'appui des groupes industriels GPN et YARA, ont révélé que l'EFMA ne connaît pas les éventuels textes réglementaires en application en Europe ou dans le monde. Il m'a confirmé que les industriels travaillaient à la production des guides EFMA.
Etats-Unis et Québec	M. Jean-Paul LACOURSIERE	En attente de son retour Néanmoins, la réglementation américaine pour les stockages d'ammoniac (Standards - 29 CFR) est sur internet et reprend au mot près la norme ANSI K61.1.

2.5 STRUCTURE DU RAPPORT

Le chapitre 3 présente les trois types de stockage et les opérations de dépotage.

Le chapitre 4 traite du retour d'expérience.

Le chapitre 5 présente d'une façon générale la méthodologie de travail de l'INERIS en vue de sélectionner les documents retenus pour cette étude.

Les chapitres 6 à 8 détaillent l'ensemble des documents, et le chapitre 9 réalise leur comparaison.

En annexe, une fiche pour chaque document a été réalisée.

Note : pour éviter tout risque d'imprécision pouvant être due à une perte de sens lors de la traduction des documents anglais, seule une prise en compte de chaque document dans leur version originale est valable.

3. TYPOLOGIE DES INSTALLATIONS STOCKANT L'AMMONIAC ET DES POSTES DEPOTAGES

3.1 BREVE HISTOIRE DE L'AMMONIAC

L'ammoniac est un intermédiaire dans la fabrication d'acide nitrique, d'urée, de nitrate d'ammonium, produits intermédiaires ou finis servant à fertiliser ou à produire des fertilisants pour les terres agricoles. 65% de l'ammoniac produit est utilisé comme fertilisant agricole. En 2003, la production d'ammoniac a atteint 133 millions de tonnes d'azote (Mt N), dont 85 Mt N ont été utilisées pour la fertilisation.

Reprenant la citation d'Auguste Comte dans son cours de philosophie positive « *on ne connaît pas complètement une science tant qu'on n'en sait pas l'histoire* », voici humblement en quelques lignes une histoire de l'ammoniac. Elle permettra de se rendre compte de l'arrivée rapide de la question de la sécurité pour l'ammoniac.

L'ammoniac a été isolé en 1774 par le chimiste anglais Joseph Priestley. A la fin du 19^{ème} siècle, les chimistes essaient de synthétiser l'ammoniac à partir de ses constituants, l'hydrogène et l'azote.

C'est Henry Le Chatelier² (1850-1936) qui est le premier à définir les conditions de température et de pression qui seraient nécessaires pour effectuer cette synthèse en présence d'un catalyseur. Il montre qu'à des températures de 500 ou 600°C, la combinaison d'hydrogène et d'azote reste incomplète, mais que le rendement peut être amélioré avec les hautes pressions. Le Chatelier a déposé un brevet en 1903, mais il a abandonné la mise en œuvre industrielle à la suite d'une explosion. La production d'ammoniac nécessite en effet de maîtriser la science des équilibres chimiques et aussi les techniques à haute pression.

L'Allemagne y parviendra en 1913, grâce à une équipe regroupant trois spécialistes. Le premier, Fritz Haber (1868 – 1934) est un chimiste qui est entré à la Badische Anilin und Soda Fabrik (BASF) et commence à travailler sur l'ammoniac. En 1909, il fait une première synthèse avec un catalyseur d'osmium dans un réacteur de laboratoire, sous une pression voisine de 200 atmosphères et une température de 550°C. L'idée du procédé Haber consiste à recycler les gaz à haute pression pour augmenter le rendement. Il est aidé par deux ingénieurs confirmés Carl Bosch, métallurgiste chargé de trouver des matériaux résistants aux pressions et à la corrosion, et Aldwin Mittasch, spécialiste de la catalyse. En 1910, la BASF parie sur ce procédé et investit des capitaux considérables pour la construction d'une usine pilote près de Ludwigshafen. En 1912, elle produit une tonne par jour. En révisant le catalyseur, elle dépasse en 1913 à 8700 tonnes par an. Haber est anobli, enrichi puisqu'il touche 1 pfennig par kilogramme (soit 0,02 €).

² Ces éléments sont extraits du livre de mesdames Bensaude-Vincent et Stengers, *Histoire de la chimie*, Editions La découverte.

En France, George Claude, fondateur de la société Air Liquide créée en 1919 la « société chimique de la Grande Paroisse » (SCGP) avec Saint-Gobain. Le chercheur et ingénieur français implante à La Grande-Paroisse le premier atelier français de production d'ammoniac, d'une capacité de 5 tonnes par jour.

En 1922, la première usine de production d'ammoniac voit le jour aux Etats-Unis.

En 1955, un groupement d'ingénieurs s'est réuni au sein de l'AICHE (American Institute of Chemical Engineers) et organisèrent le premier symposium pour discuter de la sécurité des usines d'ammoniac à Boston.

Et depuis, chaque année est organisé un nouveau symposium sur la sécurité des installations d'ammoniac.

3.2 TROIS TYPES DE STOCKAGE

L'ammoniac, dont le point d'ébullition est de -33°C à la pression atmosphérique, est stocké comme un liquide dans les trois configurations suivantes :

- soit à la température ambiante sous pression (stockage sous pression) « *Pressurised storage* »,
- soit à -33°C à la pression atmosphérique (stockage cryogénique) « *Fully refrigerated storage in large tanks* »,
- soit à des températures et pressions intermédiaires (stockage semi-réfrigéré) « *Semi-refrigerated tanks* ».

Le tableau ci-dessous reprend ces trois types de stockage et donne des éléments supplémentaires sur les volumes des capacités rencontrées dans l'industrie :

Méthode de stockage	T ($^{\circ}\text{C}$)	P (bar)	Quantité
Cryogénie	-33°C	Pression atmosphérique	Stockage de grande capacité (> 5000 t)
Ammoniac réfrigéré (semi-réfrigéré dans certains documents)	Autour de 0°C	4 bars pour 0°C	Stockage de quantité intermédiaire (200 à 3000 t)
Stockage à T ambiante, sous pression	Ambiante	Environ 9 bars à 20°C	Stockage de capacité inférieur à 800 t

Tableau 1 : les trois types de stockage d'ammoniac

3.2.1 LES STOCKAGES CRYOGENIQUES D'AMMONIAC

Les réservoirs cryogéniques sont de grands réservoirs cylindriques à axe vertical d'une capacité de 5 000 à 60 000 m^3 . Ils sont isolés de façon à limiter le réchauffement de l'ammoniac.

La température est maintenue en dessous de la température d'ébullition du liquide par aspiration des vapeurs puis compression, condensation et réinjection du liquide froid dans le bac de stockage, l'ensemble formant un groupe frigorifique où le réservoir serait l'évaporateur.

La pression est légèrement supérieure à la pression atmosphérique afin d'éviter les rentrées d'air. Contrairement aux deux autres catégories de stockage, ces réservoirs ne sont pas soumis à la réglementation Equipements sous pression.

Plus de 1000 réservoirs de stockage cryogénique d'ammoniac sont en service dans le monde dont 400 aux Etats Unis.

En France, on en compte huit.

Il existe deux grands types de réservoir de stockage cryogénique de l'ammoniac :

- les réservoirs à simple paroi qui comportent un fond et une paroi en acier,
- les réservoirs à double paroi qui comportent un double fond et une double paroi en acier.

Les réservoirs cryogéniques cylindriques sont généralement à double paroi car (selon Hale) cette solution s'avère poser moins de problèmes en exploitation. Les réservoirs constitués d'une seule enveloppe isolée par des panneaux de matière isolante (type laine de roche) ou par des films comportant de l'aluminium, recouverts d'une peau métallique de protection, présentent en effets certains inconvénients. Il est arrivé dans certains cas, que la peau externe insuffisamment étanche (du fait des variations de température et de la dilatation des plaques) permette l'infiltration d'eau et la formation de glace pouvant provoquer un endommagement ou une perte de l'isolation thermique. Il semble toutefois que ces problèmes aient pu être résolus, depuis plusieurs années, avec l'arrivée sur le marché de nouveaux matériaux permettant de réaliser des joints plus fiables entre les plaques de la peau externe.

Le document de l'IPSN explique que le stockage en sphères ou en cylindres à axes horizontal est une solution peu logique dans le contexte industriel :

« L'utilisation de l'ammoniac cryogénique suppose en effet une capacité de stockage importante car le stockage en petite quantité n'est pas intéressant sur le plan économique (l'entretien de l'installation frigorifique représente un coût élevé pour les petits stockages) et le stockage cryogénique de faibles capacités est peu sûr, l'inertie thermique de l'ammoniac contenu étant faible. Pour des raisons économiques et de sécurité, le stockage cryogénique n'est donc retenu que pour des capacités de stockage importante qui sont incompatibles avec l'utilisation de sphères ou de cylindres ».

Le guide ammoniac développé au sein du GT sectoriel piloté par le ministère précise en outre que « *les réservoirs pour le stockage d'ammoniac anhydre à une pression voisine de la pression atmosphérique et à – 33°C sont normalement conçus selon un code tel que le standard américain de l'American Petroleum Institute 620 R* ».

3.2.2 LES STOCKAGES D'AMMONIAC REFRIGERE

En général, l'ammoniac est maintenu à une température proche de 0°C sous une pression voisine de 4 bars, par des groupes frigorifiques (principe analogue au stockage cryogénique).

Les réservoirs de stockage sont principalement de type sphérique, car cette forme géométrique correspond aux contraintes mécaniques minimales.

Huit stockages d'ammoniac semi-réfrigéré de capacité supérieure à 100 tonnes sont connus en France.

3.2.3 LES STOCKAGES D'AMMONIAC SOUS PRESSION

Dans ce type de stockage, l'ammoniac est stocké à température ambiante et à la tension de vapeur saturante correspondante.

Les stockages d'ammoniac sous pression à température ambiante sont identiques aux autres types de stockage de gaz liquéfiés. Les réservoirs de stockage sont généralement cylindriques.

La pression relative de stockage est d'environ 9 bars (à 20°C).

Pour illustration, en France, 8 stockages d'ammoniac sous pression d'une capacité supérieure à 100 tonnes sont répertoriés.

3.3 LES POSTES DE CHARGEMENT & DECHARGEMENT

Les informations ci-dessous sont extraites du rapport de l'INERIS 2002, présenté plus loin.

Généralement, les approvisionnements de réservoirs en ammoniac s'effectuent par route ou par rail : camions-citernes de capacité de l'ordre de 20 tonnes, wagons-citernes de l'ordre de 50 tonnes.

3.3.1 OPERATIONS DE DECHARGEMENT D'UN CAMION-CITERNE

En général, le camion-citerne est tout d'abord pesé sur un pont bascule. Il est ensuite acheminé à proximité du réservoir fixe. Le camion est alors calé, freins serrés.

Le dépotage du camion-citerne s'effectue, en raccordant, par l'intermédiaire de deux tuyauteries, les phases liquide et gazeuse respectivement de la citerne mobile et du réservoir d'ammoniac à remplir.

On dit que le réservoir en remplissage est alimenté par « compression », lorsque du gaz est soutiré du ciel gazeux du réservoir fixe, puis comprimé (moyennant l'utilisation du compresseur disponible sur les camions-citernes) afin de pousser le ciel gazeux de la citerne en dépotage.

Le dépotage peut également être effectué par pompage de la phase liquide.

L'alimentation du réservoir peut se faire en pluie via une canne plongeante dont l'orifice débouche au ciel gazeux du réservoir.

3.3.2 OPERATION DE DECHARGEMENT D'UN WAGON-CITERNE

Les wagons-citernes sont acheminés par la SNCF jusqu'à l'embranchement particulier du site à approvisionner.

En général, le wagon-citerne est tout d'abord pesé sur un pont bascule. Il est ensuite acheminé à proximité du réservoir fixe. Le wagon est alors calé.

Un ridoir (manuel ou pneumatique se fermant par manque d'air) est raccordé au clapet de fond du wagon. En cas de mouvement intempestif du wagon, ce ridoir est prévu pour libérer le clapet de fond du wagon qui, sous l'effet d'un ressort de rappel, se referme. Il peut encore être libéré par activation à distance par l'opérateur. Par ailleurs, en cas d'incendie, à proximité, le ridoir est équipé d'un thermofusible qui déclenche la libération des clapets de fond du wagon. Un autre mode de déclenchement du ridoir concerne la détection de la présence d'un autre wagon sur la voie.

Le dépotage du wagon-citerne s'effectue, en raccordant, par l'intermédiaire de bras, les phases liquide et gazeuse de la citerne mobile et du réservoir d'ammoniac à remplir.

Du gaz est alors soutiré du ciel gazeux du réservoir fixe, puis comprimé afin de pousser au ciel gazeux de la citerne en dépotage.

Le réservoir en remplissage est ainsi alimenté par compression du ciel gazeux.

Le dépotage peut également être effectué par pompage de la phase liquide.

L'alimentation peut se faire en pluie via une canne plongeante dont l'orifice débouche au ciel gazeux du réservoir.

4. LE RETOUR D'EXPERIENCE

Le BARPI³ a réalisé l'accidentologie des installations de stockage et de dépotage d'ammoniac. Ce travail est disponible sur leur site internet. Les principaux enseignements sont repris ici.

4.1 LE RETOUR D'EXPERIENCE PROPRE AU STOCKAGE

Sur 101 cas d'accidents pris en compte par le BARPI, la moitié concerne uniquement les réservoirs de stockage (les cinquante autres concernent le dépotage). 37 cas sont suffisamment connus pour pouvoir être exploités.

8 accidents mortels liés au stockage sont à déplorer. Les trois accidents marquants dans le secteur du stockage d'ammoniac sont : Geismar aux Etats-Unis en 1984, Jonova en 1989 en Lituanie et Rostock en 2005 (voir annexe 1).

Accident	Observations
Geismar aux Etats-Unis (octobre 1984)	La perte progressive des propriétés mécaniques de l'enveloppe peut résulter, non seulement de la corrosion mais aussi de la fatigue liée principalement aux cycles de température ou de pression. L'accident de GEISMAR donne une illustration du phénomène de fatigue.
Jonova en Lituanie (mars 1989)	L'accident de JONOVA illustre les conséquences de la perte du système de refroidissement et de la défaillance des soupapes de sécurité.
Rostock (janvier 2005)	Cet accident survenu en Allemagne est survenu sur un réservoir cryogénique au cours d'un remplissage.

Tableau 2 : Trois accidents « mémorables »

Un autre accident mérite d'être cité ici. Il s'agit d'un cas de débordement d'un réservoir d'NH₃ cryogénique de 33 000 t à la suite d'une erreur de lecture de jauge et la vaporisation de 145 t d'NH₃ en 2h30 par déversement d'eau sur la fuite (Blair aux USA en 1970 - ARIA 5341).

En matière de retour d'expérience positif, les accidents de Geismar en octobre 1984 (réservoir de 15 000 t d'NH₃) et de la Madeleine (ARIA 733) entre autres montrent quant à eux que les émissions d'NH₃ à partir de réservoirs cryogéniques peuvent être relativement limitées pour des fuites en partie haute des réservoirs (rupture virole / toit, rupture ligne de soupape...).

Sur 14 événements survenus lors de circonstances particulières :

- 2 sont consécutifs à la mise en service d'équipement,

³ Cette partie reprend dans sa presque totalité l'étude menée par le BARPI et accessible en intégralité sur le site : www.aria.developpement-durable.gouv.fr, référence INO50100 (mars 2006).

- 7 se sont déroulés lors de travaux ou de petites réparations,
- 5 sont survenus lors d'inspection ou lors d'épreuve de capacités.

Dans la plupart de ces cas, une anomalie d'organisation ou une défaillance humaine est à l'origine de l'accident, comme :

- la réparation non ou mal préparée d'une petite fuite entraînant la rupture d'une canalisation ou d'un raccord,
- des travaux menés dans une zone exigüe conduisant à l'ouverture accidentelle d'une vanne,
- des procédures incomplètes ou inadaptées relatives à des opérations exceptionnelles ou le non-suivi de ces procédures à l'origine d'accidents lors des travaux d'inspection ou de contrôle.

Les agressions externes sont à l'origine de 5 accidents recensés dans ARIA, qu'il s'agisse d'un choc ou d'un incendie entraînant le BLEVE de la capacité.

La défaillance du supportage des stockages peut également être un facteur de risque. L'ancrage des petits réservoirs sur une base solide ou la stabilité du sol supportant les plus gros stockages est primordial. Le tassement différentiel du sol supportant les fortes charges peut être notamment dû à un séisme, une inondation par remontée de nappe phréatique ou rupture de canalisations d'eau de fort diamètre.

Par ailleurs, différentes causes liées à la capacité elle-même peuvent être à l'origine d'accidents allant parfois jusqu'à la rupture complète du réservoir. On relève notamment les problèmes liés à la construction de la capacité et à la qualité du matériau utilisé, à sa corrosion, ou à des phénomènes de fatigue liés aux cycles de température ou de pression que le suivi de règles d'exploitation strictes peuvent limiter. Dans ces cas, les soudures sont les points faibles à contrôler minutieusement, surtout en cas de travaux de réparation.

Sur les équipements, barrières ou instruments de sécurité associés aux stockages, différents types de défaillance sont relevés dans l'accidentologie. Tout d'abord le dispositif de réfrigération qui est un facteur de sécurité essentiel des stockages cryogéniques ou réfrigérés. Sa défaillance provoque la montée en pression du réservoir qui se traduit au mieux par une émission d'ammoniac à l'atmosphère via une soupape ou un disque de rupture, et au pire par la rupture du réservoir lorsque la capacité des dispositifs de protection contre les surpressions est dépassée. Les causes citées dans l'accidentologie sont l'obstruction d'une boucle de refroidissement par un élément externe, en l'occurrence des mollusques, les pannes successives des compresseurs de liquéfaction aboutissant à l'envoi dans le réservoir cryogénique d'ammoniac chaud et l'arrêt automatique du groupe de réfrigération de la capacité par recirculation d'ammoniac du fait d'un sur-remplissage.

D'autres dispositifs de sécurité ont leur retour d'expérience.

- les capteurs et alarmes de mesure de niveau doivent justement alerter précocement pour prévenir le risque de sur-remplissage, mais leur défaillance ou leur non prise en compte peut conduire à l'accident.
- les vannes manuelles ou automatiques sont fréquemment à l'origine de fuite du fait d'erreurs lors de leur manipulation ou par perte d'étanchéité.
- les soupapes et disques de rupture, qui lorsqu'ils s'ouvrent à bon escient assurent leur fonction de sécurité consistant à prévenir l'éclatement de la capacité protégée, peuvent être à l'origine d'accident, à cause d'un défaut d'étanchéité, d'un problème d'installation ou de tarage. De plus, lorsqu'une soupape s'ouvre sans être collectée, le rejet induit peut être source d'accident du fait de l'explosibilité de l'ammoniac gazeux en milieu confiné. La mise en place de capteurs de pression et d'alarmes par exemple peut être un moyen, par l'engagement d'actions manuelles ou automatiques préventives, d'éviter l'ouverture trop fréquente de ces instruments de protection. Elle doit aussi permettre de détecter au plus vite une éventuelle fuite.
- la cuvette de rétention équipant les installations de stockage pour limiter le déversement et l'évaporation d'ammoniac en cas de fuite. Elle n'assure pas toujours sa fonction de rétention de la phase liquide : elle peut déborder, ne pas être étanche ou être détruite lors de la rupture du stockage.

4.2 LE RETOUR D'EXPERIENCE POUR LES OPERATIONS DE CHARGEMENT & DECHARGEMENT

4.2.1 LES PRINCIPAUX ELEMENTS DE L'ANALYSE DU BARPI

La base ARIA révèle que beaucoup de causes d'accident relatives aux stockages d'ammoniac énoncées précédemment sont également présentes dans l'accidentologie des installations de dépotage. C'est notamment le cas pour les équipements et organes de sécurité des équipements sous pression : disques de rupture, événements, soupapes, joints d'étanchéité, vannes ...

Des incidents ou accidents sur les citernes mobiles elles-mêmes sont relativement fréquents à l'extérieur et à l'intérieur des usines.

Le document du BARPI indique également des défaillances matérielles sur les dispositifs de mise en pression des installations, que ce soit mécaniquement (fuite sur une pompe de dépotage, rupture d'un compresseur lors du dépotage) ou par chauffage (la défaillance du dispositif de chauffage servant à mettre les installations de dépotage en pression conduit au rejet de 40 t de NH₃ en 25 min) peuvent être en cause.

Des problèmes typiques d'organisation ou des défaillances humaines sont également à l'origine d'accidents sur les installations de dépotage. Il s'agit notamment :

- de défauts de conception (régulation manuelle de la pression, manque de visibilité entre le poste de dépotage et le bac à remplir, absence de détection d'une fuite ...)
- du mélange de produits incompatibles,
- du sur-remplissage des capacités de stockage pouvant entraîner leur débordement ou leur rupture,
- d'erreurs de geste lors du raccordement du réservoir mobile aux installations de dépotage,
- de mauvaises manœuvres des trains, bateaux ou camions à proximité de la zone de dépotage,
- de mauvaise maîtrise du dégazage des réservoirs vidangés,
- d'une formation inadaptée des opérateurs (en situation normale ou dégradée, à l'intervention ...),
- d'un entretien et de contrôles insuffisants des dispositifs de mesure ou autres (disque de rupture mal installé, vanne de sécurité difficile à fermer ...),
- de difficultés d'utilisation des moyens de protection (choix, formation à l'utilisation, exercice, ...),
- de défaillances lors d'un transfert de consignes et d'informations entre agents postés,
- de procédures d'intervention non adaptées.

Un accident survenu en 1999 (ARIA 36531) illustre notamment les risques liés à certaines opérations manuelles lors du remplissage des capacités mobiles, le strict respect des procédures qui doivent être adaptées aux spécificités des installations et des opérations à effectuer : prise en compte des équipements redondants en place, traçage des opérations (check-list)... ainsi que la présence quasi-indispensable d'équipements de sécurité adaptés. Par exemple, vannes « homme mort », dispositifs de détection de fuite opérationnels dans et à proximité des installations.

4.2.2 LE CAS SPECIFIQUE DE LA RUPTURE DE LA CONNEXION

Le risque le plus fréquent sur les installations de dépotage tient à la rupture de la connexion entre le réservoir mobile et l'unité de stockage. Cette connexion est réalisée selon les cas au moyen d'un flexible ou d'un bras rigide, ce dernier dispositif s'étant généralisé en France pour les installations les plus importantes.

Pour les flexibles : les causes de rupture ou d'endommagement apparaissant dans le retour d'expérience sont multiples :

- défaut de fabrication,
- flexible non réglementaire, périmé ou inadapté à l'ammoniac,
- raccord de connexion fuyard ou inadapté,
- déplacement de la citerne mobile lors du dépotage.

Un défaut de contrôle, d'entretien ou de soin dans le remisage des flexibles est à l'origine de leur défaillance sans que l'origine de celle-ci ne soit clairement établie.

Pour les bras de dépotage rigides ou semi-rigides : les causes d'accident relevées dans l'accidentologie sont les suivantes :

- surpression due à la fermeture de vanne,
- défaillance d'un joint,
- rupture due à un choc ou à un déplacement de la citerne mobile lors du dépotage,
- déconnexion du bras lors du dépotage,
- fuite due à la corrosion.

Lors d'incidents pendant le dépotage, les clapets installés en fond de citernes ou au niveau des conduites (limiteur de débit) ou sur les bras de dépotage (clapet de déconnexion automatique) peuvent permettre d'en limiter les conséquences. Mais plusieurs accidents montrent que ces barrières peuvent être défaillantes (difficultés pour fermer le clapet hydraulique de fond de citerne, dysfonctionnement du clapet limiteur de débit, non-fermeture du clapet de fond par blocage du ridoir) et peuvent aussi être à l'origine de fuite (fermeture partielle du clapet de déconnexion automatique bloqué par un boulon, fuite entre le clapet interne et la vanne de fond d'un wagon accidenté 3 mois auparavant et remis en service).

Deux accidents sont particulièrement intéressants à exploiter. Ils sont présentés ci-après :

N° 32596 - 21/11/2006 - FRANCE - 11 - NARBONNE

Une fuite d'ammoniac se produit sur un wagon de 50 t lors de son déchargement dans un bâtiment confiné d'une usine chimique. La détection automatique d'une teneur en ammoniac de l'ordre de 100 ppm déclenche l'alarme et la mise en sécurité de l'unité : le transfert est automatiquement stoppé et la ventilation haut débit du bâtiment est mise en service. Ce dispositif permet une dilution de l'ammoniac rejeté et limite ainsi le risque d'une concentration supérieure au seuil des effets irréversibles au niveau du sol. La fuite de type goutte à goutte est localisée au niveau du joint situé entre la citerne et le clapet de fond. La fermeture de ce dernier ne permet donc pas l'arrêt de la fuite. Dans ces conditions, l'exploitant décidera de terminer le déchargement des 20 t restantes après débrayage de l'asservissement lié à la détection ammoniac. La quantité d'ammoniac relâchée est évaluée à 11 kg. Aucune conséquence humaine ou environnementale n'est relevée. Un défaut d'étanchéité sur le joint du clapet de fond du wagon est à l'origine de l'incident. L'exploitant demandera à son fournisseur d'ammoniac de renforcer le contrôle et la fiabilité des emballages fournis. Des incidents similaires survenus par le passé avaient amené l'exploitant à réaliser le confinement dynamique du poste de dépotage d'ammoniac fin 2005.

Cet accident révèle plusieurs points :

- Tout d'abord que le confinement dynamique présente des avantages certains dans le cas des petites fuites. Il convient toutefois de garder en tête la sécurité des travailleurs occupant ce confinement.
- L'importance des exigences à imposer aux fournisseurs de wagon.

N° 35287 - 09/05/2008 - FRANCE - 62 - MAZINGARBE

Un wagon se déplace lors d'un dépotage d'ammoniac sur un site chimique et passe au dessus d'un sabot anti-tamponnement qui déclenche les sécurités : fermeture des vannes, désaccouplement des bras de chargement... Les taquets de sécurité ne stoppent pas le wagon qui heurte un autre wagon en dépotage, le déplaçant de 50 cm. Aucun rejet à l'atmosphère n'est constaté compte tenu du déclenchement des dispositifs de sécurité.

Le sabot a permis de détecter la présence d'un wagon en déplacement, suite à la défaillance d'une barrière de sécurité « sabot-anti-tamponnement ».

5. PRESENTATION DES GUIDES, OU NORMES UTILISEES PAR LES INDUSTRIELS OU CITEES DANS LA BIBLIOGRAPHIE

5.1 PRESENTATION DE LA RECHERCHE EFFECTUEE PAR L'INERIS

Au cours des deux années 2008 et 2009, l'INERIS a recherché les documents les plus pertinents pour la réalisation de ce rapport. Plusieurs pistes ont été explorées.

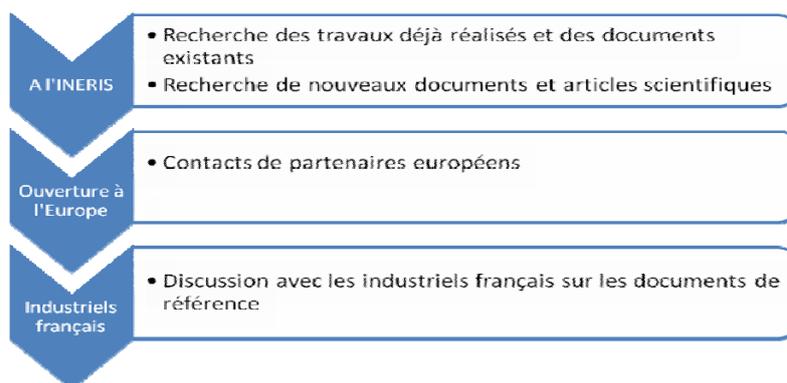


Figure 1 : Illustration des trois phases de travail pour collecter les documents

La première phase :

L'INERIS avait déjà rédigé deux documents fournissant des premiers éléments :

- INERIS (Patricia KUKUCZKA), *Synthèse sur les barrières techniques de sécurité disponibles en matière de prévention des accidents. Première partie : ammoniac*, Octobre 2002,
- INERIS (Patricia KUKUCZKA), *Substances toxiques*, 2004.

Participant au groupe de travail sectoriel « ammoniac » du ministère, nous avons accès à une littérature déjà ciblée, et notamment :

- L'API 620 (citée par le groupe de travail et les industriels notamment),
- Le rapport de l'EFMA : *Guidance for inspection of atmospheric, refrigerated ammonia storage tanks*, 2008,
- Le rapport de l'UNIFA : *Contrôle technique par l'exploitant des réservoirs cryogéniques d'ammoniac Guide de bonnes pratiques*.

Internet nous a été très utile pour avoir accès à des articles ou parcourir des sites internet de références, notamment les sites de producteurs d'ammoniac, d'engrais ou encore les sites du HSE/HSL (Health and Safety Laboratory), etc.

Nous avons également exploité le « Lees Prevention Book ». Ce livre, qui fait référence notamment en Angleterre et aux Etats-Unis, capitalise un ensemble de savoirs dans la prévention des accidents majeurs. Un chapitre traite du stockage de l'ammoniac. Il fait référence à différentes normes et à ce titre il a permis d'affiner la sélection des documents. Il a par exemple permis de se conforter quant aux choix que nous envisagions.

Du fait de notre participation au GT ammoniac, nous avons déjà en notre possession les documents de l'UNIFA, de l'EFMA.

Un document en amenait généralement un autre, et permettait souvent de « recouper » l'information et de confirmer que telle norme ou tel guide semblait pertinent pour son examen détaillé.

La deuxième phase :

La deuxième phase du travail a consisté à contacter les partenaires européens. Cette deuxième phase ne nous a pas permis d'identifier de nouveaux documents.

Il faut souligner le travail que nous avons déjà effectué, il y a deux ans, sur la recherche des textes réglementaires de référence en Europe. Nous avons contacté douze pays européens, afin de collecter les textes en usage sur les stockages d'ammoniac. Les autorités nous renvoyaient souvent à l'association européenne EFMA ou tout simplement à la directive SEVESO 2. En 2009, nous avons poursuivi notre recherche, comme indiqué dans le chapitre précédent.

La troisième phase :

Nous avons profité des réunions plénières du GT ammoniac pour présenter la liste des documents que nous avons déjà en notre possession. Les industriels présents (YARA, GPN, ARKEMA) n'avaient pas connaissance d'autres normes ou documents de référence.

5.2 PRESENTATION DU PANORAMA DES DOCUMENTS RETENUS

Trois types de documents ont été retenus. Ils sont listés dans le tableau ci-dessous.

Guides professionnels	Normes	Autres
<ul style="list-style-type: none">• Guide développé par le GT sectoriel NH3• HS(G) 30 : « Storage of anhydrous ammonia under pressure in the UK: spherical and cylindrical vessels »• Guide EFMA « recommendations for the safe and reliable inspection of atmospheric, refrigerated ammonia storage tanks »• Guide EFMA « guidance for transporting ammonia by rail »• Guide UNIFA « Contrôle technique par l'exploitant des réservoirs cryogéniques d'ammoniac »• Guide de l'industrie canadienne pour le stockage et la manipulation des engrais	<ul style="list-style-type: none">• Norme australienne / néo-zélandaise AS / NZS 2022 : 2003 « Anhydrous ammonia – storage and handling »• Norme américaine ANSI K61.1 « American national standard safety requirements for the storage and handling of anhydrous ammonia »• Norme néerlandaise PGS 12 « Stockage et déchargement d'ammoniac »• Norme NF EN 14620• L'API Standard 620 « Design and construction of large, welded, low – pressure storage tanks »	<ul style="list-style-type: none">• La « check-list ammoniac »• Rapport INERIS 2002 sur la synthèse des barrières techniques de sécurité disponibles en matière de prévention des accidents pour les installations d'ammoniac.• Rapport IRSN sur l'évaluation de la sûreté des installations utilisant de l'ammoniac• Lees Prevention Book• BREF

Tableau 3 : Présentation de la liste des documents sélectionnés et analysés dans ce rapport

5.2.1 LES GUIDES PROFESSIONNELS

Sous cette appellation, ont été regroupés les guides réalisés totalement par la profession (composée principalement des fabricants d'engrais) ou réalisés en lien avec la profession.

L'association européenne pour la production des engrais a produit un guide en 2002 qu'elle a remis à jour en 2008, sur le stockage cryogénique de l'ammoniac. L'équivalent français de l'EFMA, l'UNIFA a traduit le guide en langue française et a produit un guide spécifique sur l'inspection des stockages cryogéniques.

L'EFMA a également mis à jour en 2007 un document sur le transport de l'ammoniac par rail.

Dans cette famille des guides professionnels, figure le guide développé par le groupe de travail sectoriel au ministère de l'environnement depuis 2003. Ce guide a été élaboré conjointement par les industriels représentatifs du secteur, des inspecteurs des installations classées et des experts.

Le guide anglais HS(G) 30 est également répertorié ici, même si sa place se justifiait également dans la colonne « norme ». En effet, ce document a un statut particulier. Il a été développé avec les industriels et les autorités, mais est cité souvent en référence en tant que norme.

5.2.2 LES NORMES

Les normes les plus citées et celles que nous avons considérées comme les plus pertinentes dans le cadre de ce rapport sont des normes européennes, américaines et australiennes. Certaines concernent tous les types de stockage d'ammoniac. C'est le cas des normes AS/NZS 2022, ANSI K61.1 et PGS 12. Les autres sont plus spécifiques et concernent les stockages cryogéniques ou semi-réfrigérés. C'est le cas de la norme européenne NF EN 16420.

5.2.3 LES AUTRES DOCUMENTS

Dans le panorama des documents du secteur de l'ammoniac, il y a les inclassables. Ceux qui ne sont ni normes ni guide professionnel. C'est le cas de la « check-list » ammoniac qui est un document d'analyse de risques et d'aide à l'inspection.

Un autre document qui fait référence en France est celui produit par l'IPSN.

Il est paru intéressant également d'aller voir du côté des « meilleurs techniques disponibles », c'est-à-dire du BREF sur la production d'ammoniac.

5.3 UN PREMIER CONSTAT

Nous avons voulu savoir si les documents pouvaient avoir été influencés par certaines grandes catastrophes.

Aussi, sur la page suivante, nous avons tracé une échelle de temps et nous y avons placé l'ensemble des documents consultés et les principaux accidents (relatifs aux stockages NH₃) cités dans la littérature et par le BARPI.

La conclusion que l'on peut tirer de cet exercice est qu'il n'apparaît pas de corrélation évidente entre un accident et la révision d'un document.

Cette conclusion se voit par ailleurs confirmée à la lecture des préfaces ou préambules des différents documents qui ne font pas mention d'un quelconque accident.

Après ce constat, nous proposons d'analyser chacun des documents que nous avons sélectionnés, en commençant par les guides professionnels.

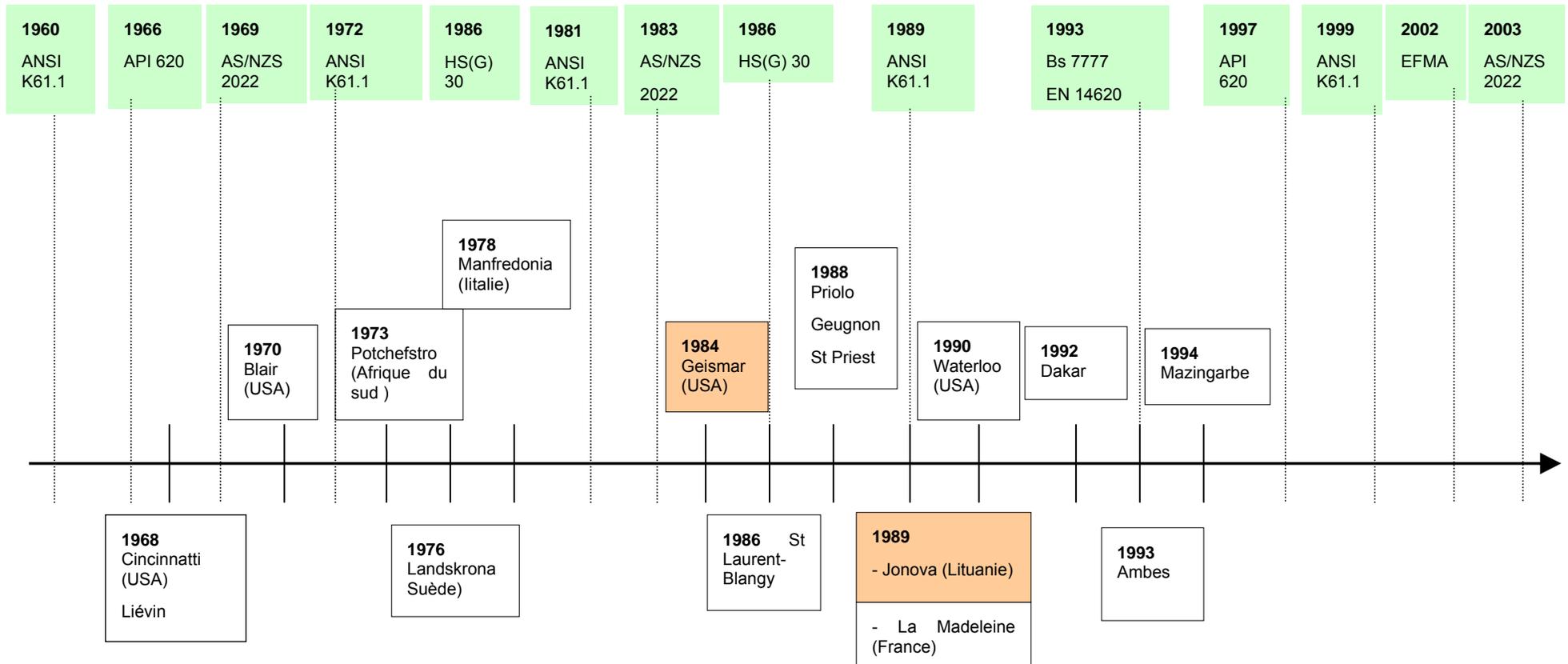


Figure 2 : Echelle de temps représentant la succession des différents documents et les accidents majeurs

6. GUIDES PROFESSIONNELS

6.1 GUIDE DEVELOPPE PAR LE GT SECTORIEL NATIONAL NH3

6.1.1 OBJET

Le Groupe « Ammoniac » a été créé en 2003 et son périmètre d'action couvre l'ensemble des installations d'ammoniac françaises dont les capacités de stockages sont supérieures à 100 tonnes et se trouvant sur un site AS.

Ce groupe comprend différents secteurs de l'industrie (YARA France, GPN, ARKEMA, RHODIA), des experts (INERIS, IRSN) et les administrations (DRIRE, DREAL, MEEDDM).

Le groupe travaille notamment sur les trois aspects suivants :

- Déterminer les barrières de sécurité opérationnelles pour les installations d'ammoniac,
- Fournir une aide à l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT),
- Déterminer des actions pertinentes de réduction des risques.

6.1.2 STRUCTURE DU GUIDE

Ce guide comprend un recueil de documentations à l'usage de l'inspection des installations classées. Ce recueil comprend notamment les documents suivants :

- Réglementation française relative à l'utilisation d'ammoniac,
- Panorama des installations utilisant de l'ammoniac,
- Accidentologie,
- Propriétés et précautions d'emploi,
- Recueil de bonnes pratiques à mettre en œuvre pour la modélisation des scénarios d'accidents,
- Nœuds-papillons correspondant à des installations caractéristiques, présentes sur plusieurs sites.

Le contenu du guide est détaillé en annexe.

6.1.3 AVIS SUR LE DOCUMENT

Les points forts :

1. Le guide développé dans le cadre du groupe de travail ammoniac au ministère du développement durable est élaboré avec la participation de multiples acteurs des risques, qu'ils soient institutionnels, industriels ou encore experts. A ce titre, il donne une vision partagée par tous.
2. Ce guide traite des trois types de stockages et des opérations de chargement / déchargement. Tous les systèmes sont donc abordés.
3. Le guide est véritablement orienté vers la prévention des risques industriels et fournit à ce titre une accidentologie détaillée et exploitée, une analyse de risques incluant les mesures de sécurité fréquemment rencontrées sur les sites, un guide de bonnes pratiques pour la réalisation de la modélisation.
4. Ce guide est facilement utilisable par les inspecteurs des installations classées, car il reprend les éléments de la réglementation et se présente sous une forme rapidement exploitable.

Les points faibles :

1. Le chapitre consacré aux barrières mériterait peut-être d'être revu. En effet, le travail d'identification des barrières a été effectué entre 2003 et 2005, et le groupe n'était pas encore au fait des règles mieux connues aujourd'hui sur le choix des barrières, leur cotation, etc..
2. Le document ne liste pas les guides ou les normes qui existent. Les mesures de sécurité, qui sont listées, sont celles qui sont en application sur les principaux sites de stockage français. Il aurait été intéressant de connaître les guides ou normes qui ont permis aux industriels d'établir cette liste.

6.2 HS(G) 30 : STORAGE OF ANHYDROUS AMMONIA UNDER PRESSURE IN THE UK: SPHERICAL AND CYLINDRICAL VESSELS

6.2.1 OBJET DU GUIDE

Le guide a été préparé conjointement par le HSE, le groupe des producteurs d'ammoniac de l'association des industries chimiques et l'ICI PLC (Imperial Chemical Industries).

Le guide vise les stockages d'ammoniac semi-réfrigérés (réservoirs sphériques) et les stockages à température ambiante (réservoirs cylindriques). Il n'a pas vocation à être normatif.

Le guide donne des prescriptions pour la construction des réservoirs, ainsi que pour la maintenance et l'utilisation des réservoirs.

Des recommandations sont données notamment pour l'implantation des réservoirs, pour la formation. Des équipements de sécurité et les procédures d'inspection et d'urgence sont prescrits.

Ce document anglais est basé sur un guide paru pour la première fois en 1980 et édité par l'association anglaise des industries chimiques. Il a été mis à jour suite aux évolutions concernant la prévention de la corrosion.

6.2.2 STRUCTURE DU GUIDE

Le guide est structuré autour de trois grandes parties :

- Section : « information générale »
- Section : « réservoirs sphériques » - Stockages semi-réfrigérés
- Section : « réservoirs cylindriques » - Stockage à température ambiante

Une présentation plus détaillée du guide figure en annexe.

6.2.3 AVIS SUR LE DOCUMENT

Points forts :

1. Le document a été établi par divers contributeurs industriels, autorités compétentes et experts. Il occupe donc une place de choix dans la liste des guides et normes de bonnes pratiques pour le stockage de l'ammoniac.
2. Le document comporte de nombreux renseignements sur les réservoirs ainsi que leurs mesures de sécurité.
3. Ce document est cité et exploité dans le Lees Prevention Book, ce qui témoigne d'une certaine notoriété.

Points faibles :

1. Le document ne traite pas des stockages cryogéniques, ni les opérations de chargement et déchargement.
2. Il ne traite exclusivement que des dispositions constructives qui interviennent en prévention des accidents. Hormis la cuvette de rétention, les moyens de protection ne sont pas abordés.

6.2.4 POINT NOTABLE

Le guide fournit un schéma général d'un « petit » stockage ammoniac, dont les dimensions ne sont pas précisées. Celui-ci est repris intégralement ci-après. Il est toutefois difficile de connaître son applicabilité sur de plus gros réservoirs, comme ceux rencontrés dans l'industrie. Par exemple, les piquages liquides en provenance du déchargement sont présentées dans la partie basse du stockage, ce qui est en contradiction avec les bonnes pratiques qui préconisent un remplissage en partie haute du réservoir.

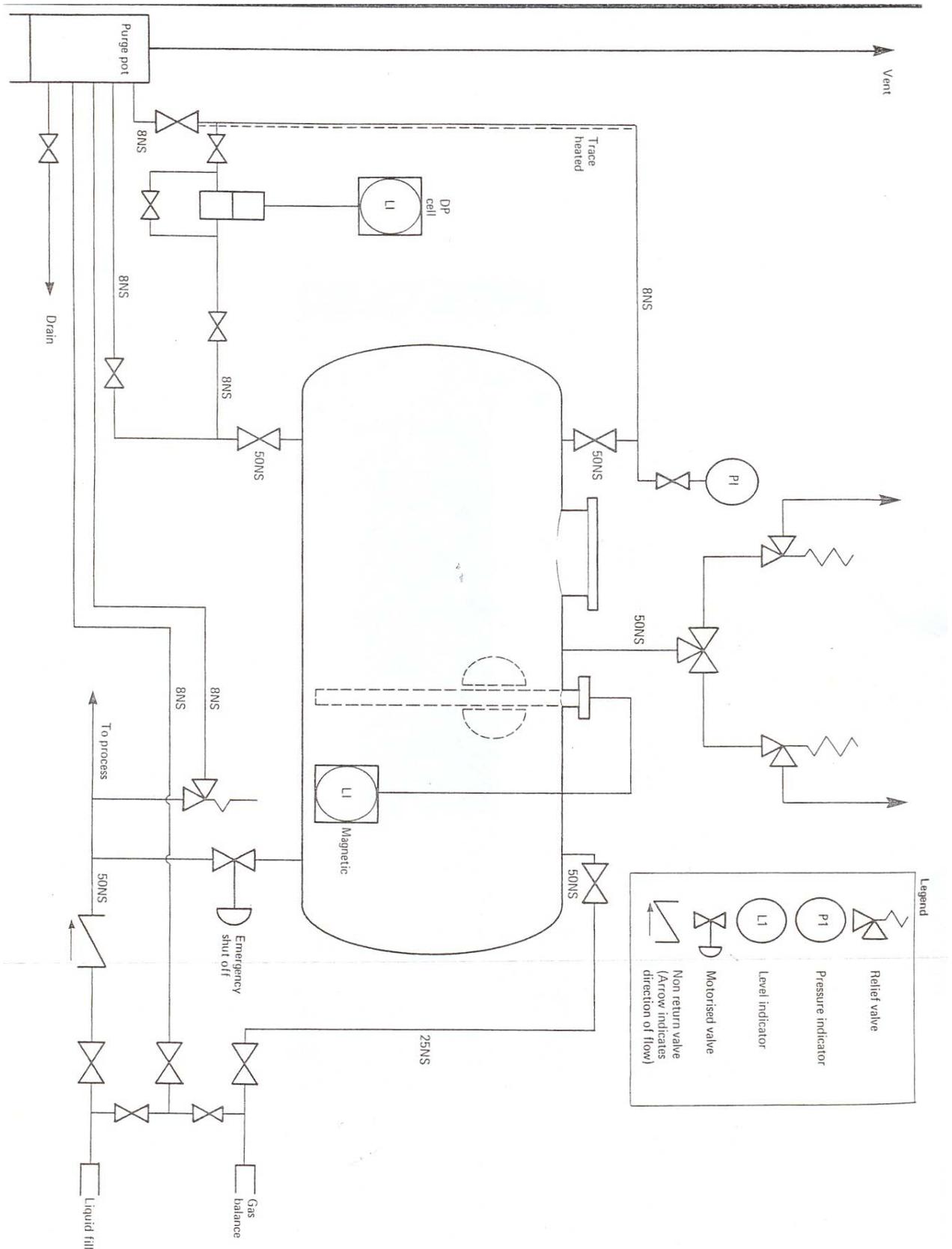


Figure 3 : « Line diagram of typical small pressure storage installation », extrait du guide HS(G) 30

6.3 GUIDE EFMA « RECOMMENDATIONS FOR THE SAFE AND RELIABLE INSPECTION OF ATMOSPHERIC, REFRIGERATED AMMONIA STORAGE TANKS »

6.3.1 OBJET

L'EFMA est l'association européenne des producteurs d'engrais (European Fertilizer Manufacturers Association).

L'EFMA a été formée en 1988 par la fusion de trois organisations professionnelles. L'une des plus anciennes est le Centre d'étude de l'Azote fondé en 1953. Elle compte une quarantaine de membres. Ses membres sont les fabricants d'engrais en Europe, ainsi que les organisations professionnelles dans certains pays de l'UE (dont l'UNIFA pour la France). Il existe d'autres organisations professionnelles dans les pays de l'Union Européenne.

Sa fusion et sa localisation à Bruxelles ont été motivées par le souhait d'être associés aux définitions des directives européennes. Elle emploie 10 personnes.

Le guide produit par l'EFMA en est dans sa deuxième version (datée de 2008). Il a pour objectif de fournir des recommandations pour l'inspection périodique des stockages cryogéniques d'ammoniac (réservoirs verticaux cylindriques uniquement).

Le principal risque qui est décrit largement dans le guide est la corrosion fissurante sous tension (Stress Corrosion Cracking SCC) induite par l'ammoniac sous certaines conditions. L'idée principale est que l'ouverture des réservoirs lors des inspections peut induire de la corrosion.

Le guide présente l'approche RBI (Risk Based Inspection) comme un moyen d'optimiser le programme d'inspection et donc de réduire les risques liés aux ouvertures des réservoirs lors des inspections. Il a une forte reconnaissance aux Pays-Bas par l'administration.

6.3.2 STRUCTURE DU GUIDE

6.3.2.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE DU GUIDE

Le guide peut se décomposer en trois parties.

Premièrement la phase descriptive, avec la description des stockages cryogéniques, la description des facteurs affectant les stockages et une analyse synthétique de l'accidentologie.

Deuxièmement, l'inspection des réservoirs.

Enfin, dans un dernier temps, le guide fournit des indications sur les phases d'arrêt et de démarrage des réservoirs.

6.3.2.2 DESCRIPTION DES DOMAINES D'ETUDE

Le guide présente les différents types de stockage de l'ammoniac cryogénique (voir annexe 3).

Il se poursuit sur la conception et les matériaux de construction (décrits en une page).

Le guide présente les différentes origines de dégradation d'un réservoir cryogénique :

- Défauts de soudure à la conception,
- Corrosion généralisée,
- Corrosion fissurante sous tension (SCC en anglais),
- Fatigue.

6.3.2.3 PRESENTATION DE QUELQUES POINTS CLES DU GUIDE

Le guide présente les résultats d'une étude intéressante de 18 incidents survenus sur des stockages cryogéniques.

Les éléments présentés par le guide sont repris ici et traduits intégralement.

Type de défaillance	Cause principale	Est-ce cette défaillance peut être prévenue ou découverte lors d'une inspection interne ou externe ?	Nombre d'observations de ce type de défaillance
Corrosion fissurante sous tension	Corrosion causée par la combinaison entre l'oxygène, l'ammoniac, les contraintes mécaniques et l'acier.	Oui. Cependant, l'inspection interne peut être en partie en cause.	4
Espace annulaire entre deux parois remplis par l'ammoniac	Le résultat est le flottement du réservoir interne endommageant la construction. a) Fuite du réservoir interne b) Condensation de l'ammoniac dans l'espace annulaire (entre les deux parois) c) Eclaboussure de l'ammoniac au-dessus du toit du réservoir interne	Oui, seulement quand la cause principale est la fuite du réservoir interne. Sinon, non, car l'incident est causé par des défaillances opérationnelles ou des problèmes de conception.	3

Type de défaillance	Cause principale	Est-ce cette défaillance peut être prévenue ou découverte lors d'une inspection interne ou externe ?	Nombre d'observations de ce type de défaillance
Défaillance des fondations par soulèvement lié au gel	Gel et formation de gel sous le réservoir provoqué par : a) Défaut des tubes de chaleur (bottom heating tubes) b) Défaut d'isolation causée par un tremblement de terre	En vérifiant régulièrement le bon fonctionnement des tubes de chaleurs, ceci peut être prévenu. Donc cette vérification doit être inscrite au programme d'inspection régulier.	3
Surpression provoquant la défaillance complète du réservoir	a) De l'ammoniac chaud a été injecté dans le réservoir b) Mélange soudain entre une solution d'ammoniac et de l'ammoniac liquide quand une couche d'huile entre ces phases s'est cassée.	Non. Les incidents étaient des erreurs opérationnelles.	2
Vide provoquant l'effondrement du réservoir	Défaillance des transmetteurs de pression et défaut de la vanne casse vide	La vérification des équipements de sécurité doit faire partie des programmes d'inspection régulière.	1
Défaut à la jonction entre les parois et le toit	Défaut de conception de la soudure	Oui	1
Fuite de la base du réservoir	Mauvaises techniques de soudure	Oui. Dans ce cas, les fuites seront détectées.	1
Fuite du toit	Mauvaise réparation d'un défaut de construction	Oui	1
Fuite d'une paroi	Matériau utilisé non conforme aux spécifications. Fatigue.	Oui	1
Débordement du réservoir	Mauvaise lecture des niveaux par les opérateurs en combinaison avec une défaillance de l'alarme niveau haut.	La vérification des équipements de sécurité doit être une partie du programme d'inspection régulier.	1

Tableau 4 : Tableau extrait du guide EFMA et traduit en français

6.3.3 AVIS SUR LE DOCUMENT

Les points forts :

1. Le guide EFMA traite exclusivement des stockages cryogéniques et de leur inspection. Il fournit ainsi une documentation très détaillée sur le thème de la corrosion fissurante sous tension et notamment sur les moyens de la prévenir

et de contrôler son développement. Le guide développe une méthodologie d'inspection.

2. Le document intègre le retour d'expérience capitalisé par l'EFMA sur les stockages cryogéniques. Les enseignements qui en sont tirés peuvent être utiles aux inspecteurs des installations classées.

Les points faibles :

1. Le document est spécifique aux stockages cryogéniques. Son champ est donc très restrictif. Son utilité est donc de ce fait réduite, au regard du parc de réservoirs d'ammoniac français.
2. Il ne traite pas des opérations de chargement & déchargement.

6.4 GUIDE UNIFA « CONTROLE TECHNIQUE PAR L'EXPLOITANT DES RESERVOIRS CRYOGENIQUES D'AMMONIAC »

6.4.1 OBJET DU GUIDE

Si l'EFMA est le syndicat européen, au niveau français c'est l'UNIFA qui représente les industries auprès des pouvoirs publics, des organismes publics ou privés français, européens ou mondiaux.

L'objet de ce guide est de définir une politique d'inspection périodique des réservoirs de stockage atmosphérique réfrigéré d'ammoniac anhydre.

Ce document propose des solutions de contrôle et d'inspection des réservoirs afin d'éviter les arrêts d'exploitation pénalisant pour l'intégrité des réservoirs.

6.4.2 STRUCTURE DU GUIDE

6.4.2.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE DU GUIDE

Après un rappel des différents modes et types de stockages, de la réglementation suivant les pays et des contrôles auxquels ils sont soumis, ce guide analyse « *les facteurs affectant les stockages* » et recherche les alternatives existantes à l'ouverture des réservoirs.

Pour finir ce guide définit une solution technique de contrôle qui permet de ne pas interrompre l'exploitation.

Le guide comprend sept annexes.

L'annexe 1 liste la bibliographie sur les endommagements potentiels des réservoirs cryogéniques de stockage d'ammoniac.

L'annexe 2 traite sous la forme d'un graphique la relation entre les teneurs en eau et en oxygène pour éviter la Corrosion Fissurante sous Tension en présence d'ammoniac.

L'annexe 3 propose un questionnaire et un mode opératoire d'évaluation de la criticité d'un réservoir.

L'annexe 4 définit les configurations des fissures potentielles à évaluer par un calcul de mécanique de rupture.

L'annexe 5 présente un exemple de procédure de contrôle par l'extérieur.

L'annexe 6 soumet un exemple de plan de contrôle.

L'annexe 7 fournit l'évaluation de la méthode par Det Norske Veritas.

6.4.2.2 PRESENTATION DE QUELQUES POINTS CLES

Présentation des facteurs affectant les stockages

Le guide présente les différentes origines de dégradation d'un réservoir cryogénique :

- Défauts de soudure à la conception,
- Corrosion généralisée,
- Corrosion fissurante sous tension,
- Fatigue,
- Modes de dégradation rencontrés dans les phases de mise en service, d'arrêt et de remise en service.

Présentation des méthodes de contrôle

Ce document présente et compare quatre méthodes de contrôle non destructif permettant de détecter et localiser des défauts :

- Le contrôle par magnétoscopie,
- Le contrôle par émission acoustique,
- Le contrôle par champ électrique dite FSM,
- Le contrôle ultra sonore.

Définition d'une solution technique de contrôle

Dans l'objectif de réduire le nombre d'ouverture des réservoirs cryogéniques lors des inspections, le guide propose une méthode alternative.

L'UNIFA recommande de procéder à des contrôles ultra sonores sous réserve de satisfaire aux conditions suivantes :

- Avoir effectué une évaluation de la criticité du réservoir concerné concluant que le réservoir n'est pas en zone 5 de criticité,
- Avoir au moins procédé à une inspection étendue du réservoir par magnétoscopie suivant extension définie par l'arrêté du 9 octobre 1980 soit avant la mise en service, soit depuis le début de l'exploitation,
- Avoir effectué des calculs de mécanique de rupture qui garantissent que la taille critique des défauts potentiels est nettement inférieure à celle détectable par la méthode retenue,

- Pouvoir conclure, au vue des calculs de mécanique de la rupture, que le réservoir a une bonne probabilité d'être en situation de « fuite avant rupture »,
- Disposer d'une procédure de contrôle par ultra sons, approuvée par un organisme compétent, cohérente avec les résultats de mécanique de la rupture,
- Avoir établi un plan d'inspection pour l'ensemble du stockage.

Cette méthode est en discussion au sein du ministère.

6.4.3 AVIS SUR LE DOCUMENT

Les points forts :

1. Le document de l'UNIFA est connu des industriels français. Il traduit en français le guide EFMA. Il ne traite donc lui aussi que des stockages cryogéniques.

Les points faibles :

1. Ce guide n'est utile que par ses éléments sur la corrosion et les inspections. L'inspecteur des installations classées n'y trouvera pas beaucoup d'élément qui lui serait utile pour la lecture d'une étude de dangers d'un stockage cryogénique par exemple.

6.5 GUIDE EFMA « GUIDANCE FOR TRANSPORTING AMMONIA BY RAIL »

6.5.1 OBJET DU GUIDE

Le guide a été élaboré pour le transport et la manipulation d'ammoniac par l'EFMA. L'objectif est de présenter des « standards de haut niveau de sécurité ».

Ce document anglais est basé sur un guide paru dans sa première édition en 2005. Il en est à sa deuxième version et est accessible sur le site internet de l'EFMA.

6.5.2 STRUCTURE DU GUIDE

Il est composé des 12 parties suivantes :

- Introduction
- Propriétés et classement de l'ammoniac
- Conception et construction de wagons
- Marquage et affichage

- Recommandations pour la location et la maintenance des wagons
- Equipements de protection individuelle
- Opérations de chargement et de déchargement
- Transport
- Audits
- Réponse d'urgence
- Questions réponses
- Références

6.5.3 PRESENTATION DE QUELQUES POINTS CLES

Les recommandations les plus pertinentes concernent les chapitres 7 et 10.

Un résumé est réalisé ci-après.

6.5.3.1 RECOMMANDATIONS PROPRES A LA ZONE DE DEPOTAGE

Les opérations doivent avoir lieu dans un endroit dédié, qui doit être repéré par des panneaux indiquant les risques.

La zone de déchargement doit être plane et horizontale.

La voie ferrée pour le déchargement doit être différente de la voie normale de circulation des trains. Elle doit donc être dédiée à cette opération de déchargement.

Un système d'asservissement sur la voie ferrée doit permettre d'empêcher les autres trains de rentrer dans la zone de déchargement. Des dispositifs de déraillement doivent également être utilisés par rapport à ce risque.

La voie de circulation des trains doit être à une certaine distance de sécurité de la voie de déchargement.

Des précautions doivent être prises pour prévenir le déplacement du wagon pendant son déchargement. Des dispositifs mécaniques doivent permettre d'arrêter le déchargement en cas de déplacement du wagon.

En termes de distances, le guide indique :

- Que la voie de déchargement doit être à une distance de sécurité par rapport à la route la plus proche. En fonction de la configuration géographique, des protections anti-collision devront être installées.
- Une distance forfaitaire de 15 m doit être respectée entre la zone de déchargement et les bâtiments, équipements ou réservoirs pouvant contenir des substances inflammables ou explosives. En cas de proximité d'opération de dépotage de substances inflammables, cette distance passe à 25 m.

- Dans les 5 mètres autour de la zone, il ne doit pas y avoir de systèmes de drainage, d'ouverture dans les bâtiments ou de point de captage d'air.

Une manche à air doit être installée.

Un point d'eau doit être prévu pour traiter les petites fuites.

Un système d'alarme acoustique ou optique doit être installé.

6.5.3.2 RECOMMANDATIONS POUR LA PREVENTION DU SURREMPLISSAGE

Le guide EFMA consacre deux pages à la prévention du surremplissage (section 7.3.4). En effet, il y est précisé que la détermination et le contrôle de la masse exacte introduite est de grande importance.

Il est précisé que le surremplissage ne correspond pas au niveau du tube « retour gaz ».

Pour prévenir le surremplissage, la quantité introduite doit être contrôlée par au moins deux systèmes de mesure indépendants.

Plusieurs possibilités sont citées :

- Mesure en continu de la masse introduite grâce à un pont-basculé, avec arrêt automatique,
- Mesure grâce à un compteur volumétrique, avec arrêt automatique,
- Mesure après chargement sur une balance indépendante ou sur un pont basculé.

De plus, peuvent être également utilisés : une mesure par infra-rouge du niveau dans la citerne, une mesure par ultrasons du niveau de liquide, une mesure par rayonnement ou un indicateur de niveau (visuel) positionné à proximité du bras de chargement.

6.5.3.3 RECOMMANDATIONS POUR LES EQUIPEMENTS DE DECHARGEMENT

Le guide préconise l'utilisation des équipements spécifiques. Y figurent notamment les suivants :

- Un bras de déchargement,
- Des dispositifs de détection de fuite,
- Un gaz inerte pour la purge du bras,
- Des équipements de sécurité (rideau d'eau, etc.),
- Un dispositif d'arrêt d'urgence des opérations de déchargement,
- Un dispositif de ridoir ou système équivalent pour fermer les vannes de fond du wagon,
- Un dispositif de calage des wagons,

- Toutes les vannes commandables à distance doivent être à sécurité positive,
- La zone de déchargement et ses équipements doivent être conformes aux réglementations ATEX.

6.5.3.4 RECOMMANDATIONS POUR LE BRAS DE DECHARGEMENT

Le guide indique qu'un système de verrouillage doit prévenir toute ouverture des vannes de déchargement en cas de non connexion du wagon.

Les dispositifs suivants sont listés :

- Une vanne de coupure,
- Un bras pour la phase liquide et un bras pour la phase gaz,
- Un dispositif de purge,
- Un « switch » pour la position arrimée du bras.

En partie optionnelle, le guide liste les équipements suivants :

- une connexion pour la purge à l'azote,
- un dispositif pour vérifier le bon positionnement du bras,
- un dispositif de déconnexion automatique,
- un filtre sur la ligne liquide

La mise à la terre pendant les opérations de déchargement sont préférables.

6.5.3.5 RECOMMANDATIONS POUR LES EQUIPEMENTS D'URGENCE

La station de déchargement des wagons doit être équipée d'un système d'arrêt commandable à distance. Ce système doit permettre de fermer les vannes de fond du wagon et les vannes d'arrêt d'urgence positionnées sur les bras de dépotage.

Le guide liste d'autres équipements de sécurité tout en précisant que celles-ci dépendent des risques spécifiques à chacun des sites. Par exemple :

- Un système de détection de gaz autour de la station de dépotage
- Un système de contrôle de débit qui arrête le dépotage automatiquement,

- Un dispositif de collecte des déversements.

En cas de perte de confinement, le guide liste notamment deux techniques :

- Le dispositif de rideau d'eau,
- Le semi-confinement dynamique.

6.5.3.6 LE RIDEAU D'EAU

Le guide indique qu'un rideau d'eau peut être installé autour de la zone de chargement / déchargement. Il liste les parties principales qui constituent ce rideau d'eau :

- Une connexion sécurisée au système d'alimentation en eau,
- Une pompe pour pressuriser l'eau,
- Un système de canalisation autour de la zone de dépotage,
- Des boutons poussoirs à des positions stratégiques pour activer le système,
- Un système d'alarme dans la salle de contrôle,
- Un dispositif de collecte de l'eau usée.

6.5.3.7 LE SEMI-CONFINEMENT DYNAMIQUE

Le guide précise que cette solution est une alternative utilisée pour les installations de déchargement, quand l'ammoniac est stocké à température ambiante et en petite quantité (moins de 60 tonnes).

Le principe du semi-confinement reprend les éléments de la norme NF EN 378 qui s'applique aux unités de réfrigération à l'ammoniac.

Une traduction du guide EFMA est fournie ci-après. Elle permet de donner plus de détail sur le semi-confinement :

« L'installation complète de déchargement (et le réservoir de stockage) est située dans un bâtiment répondant à des spécifications standards de construction. La ventilation du bâtiment est assurée par un système d'extraction (ventilation forcée) dont le débit peut être variable entre 9000 et 60000 m³/h. L'air extrait est évacué en hauteur (30 m) à travers une simple cheminée.

Lorsque les portes sont fermées, la partie inférieure du bâtiment est hermétique mais des ouvertures avec des volets intérieurs sont pratiquées dans les murs à 1 m au dessus du sol permettant ainsi à l'air d'entrer dans le bâtiment avec un minimum de pertes de charge et ce, même lorsque le débit d'extraction est maximal.

La porte principale du bâtiment est fermée une fois que le wagon à décharger est à l'intérieur. L'opérateur en charge de relier le wagon au bras de déchargement entre dans le bâtiment en portant des vêtements de protection, des gants et un masque équipé d'une cartouche pendant tout le temps où il est dans le local. Après avoir connecté le wagon aux lignes de déchargement, il sort du local. Les

portes sont fermées et le restent pendant toutes les opérations de déchargement. Le système de ventilation forcée est alors activé à sa vitesse minimale de fonctionnement. Le système de sécurité, incluant les capteurs d'ammoniac et le système de commande des vannes de sécurité, est aussi activé. Les opérations de déchargement sont contrôlées à distance par un opérateur situé à l'extérieur du semi-confinement et par une caméra vidéo (avec un écran supplémentaire dans la salle de commande principale).

La zone proche des lignes d'ammoniac est équipée de détecteurs d'ammoniac fonctionnant en back-up (cellules électrochimiques par exemple). Si une quantité importante (25 à 50 ppm) d'ammoniac est détectée dans l'air, indiquant une perte de confinement dans l'un des équipements, le débit du système d'extraction est augmenté, l'opération de déchargement est arrêtée et les alarmes sont déclenchées.

Les études de sécurité ont montré qu'il n'y aura pas d'effet irréversible au sol suite à un rejet accidentel d'ammoniac causé par la rupture de connection entre le wagon et le bras à condition que les équipements de sécurité qui isole le réservoir de stockage du wagon soient activés en moins de 30s (pire scénario). Cela s'explique par les effets de dilution/dispersion de la ventilation et les conditions de rejet.

L'installation électrique de l'intérieur du semi-confinement doit être du type « non-étincelante » pour prévenir les risques d'explosion de gaz. De plus, tous les systèmes de sécurité (détecteurs, extraction, système de commande,...) doivent être alimentés par une source back-up indépendante ».

6.5.3.8 LES PROCEDURES

Le guide présente un exemple de procédure listant les tâches principales à réaliser pour les opérations de dépotage.

6.5.4 AVIS SUR LE DOCUMENT

Les points forts :

- Le document a été établi par divers contributeurs industriels. Il occupe donc une place de choix dans la liste des guides et normes de bonnes pratiques pour le transport de l'ammoniac par rail.
- Le document comporte de nombreux renseignements sur les wagons d'ammoniac et sur les mesures de sécurité techniques et humaines associées aux opérations de chargement et déchargement.

Les points faibles:

- Ce document n'est pas une norme, mais donne des principes de sécurités partagées par l'EFMA et d'autres industriels.

6.6 GUIDE DE L'INDUSTRIE CANADIENNE POUR LE STOCKAGE ET LA MANIPULATION DES ENGRAIS

6.6.1 OBJET DU GUIDE

L'industrie canadienne a rédigé en 2001 un guide pour le stockage et la manipulation des engrais. L'objectif visé par ce guide est d'informer les industriels sur les mesures qu'ils peuvent prendre pour améliorer la sécurité associée au stockage et à la manipulation des engrais.

Trois groupes de travail ont travaillé en parallèle pour la réalisation de ce guide. Les deux premiers se sont répartis les engrais solides et liquides. Le troisième a traité du cas spécifique de l'ammoniac anhydre.

Le guide se définit comme fournissant des bonnes pratiques « *basées sur les réglementations existantes, les normes et les meilleures pratiques des industriels* ». Les recommandations qui y figurent ont été établies sur la base d'un questionnaire envoyé aux industriels et sur une analyse de risques qui a été faite à l'issue du dépouillement des résultats du questionnaire.

Le guide aborde notamment les stockages d'ammoniac à température ambiante.

6.6.2 STRUCTURE DU GUIDE

6.6.2.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE DU GUIDE

Le guide est structuré autour de 6 parties.

Après une première partie introductive au guide, celui-ci traite des points relatifs aux engrais solides. La partie 3 est consacrée à l'ammoniac anhydre. Les engrais liquides sont traités en partie 4.

La 5^{ème} partie concerne la formation des employés et la documentation. La 6^{ème} partie traite des questions de plan d'urgence et des exercices.

Dans les annexes figurent notamment les check-lists qui ont été réalisées par les industriels pour la vérification quotidienne et annuelle des installations d'ammoniac.

6.6.2.2 PRESENTATION DE QUELQUES POINTS CLES

Il est proposé de présenter ici les points les plus intéressants du guide, et notamment en termes d'emplacement des réservoirs, de leur conception et des inspections.

L'emplacement des réservoirs de stockage :

Il est recommandé que les nouveaux stockages soient construits au moins à 1,5 km des limites d'une commune.

Pour les stockages existants et qui se trouveraient à moins d'un kilomètre des limites d'une commune, le programme suivant devrait être mis en place :

- Réunion annuelle avec la population pour revoir le plan d'urgence et expliquer comment y participer ;
- Réunion annuelle avec le département incendie et visionnage de la vidéo « prévenir et agir en cas de fuite d'ammoniac »
- Réunion biannuelle d'une demi-journée à une journée avec les sapeurs pompiers sur la méthode de confinement d'un nuage d'ammoniac avec des démonstrations en réel, une visite des installations, visite des vannes de sécurité et des voies de secours, etc.
- Rencontre annuelle avec le maire de la commune pour discuter des plans d'urgence
- Entraînement du personnel et révision du plan d'urgence et des procédures en avril et en septembre
- Inspection quotidienne (cf. annexe).

Les stockages d'ammoniac doivent être situés à plus de 50 mètres des zones naturelles sensibles, du type : rivière, lacs.

Ils doivent être situés sous le vent des zones résidentielles.

On doit pouvoir accéder au stockage par deux côtés en empruntant des voies d'urgence de 10 mètres de large.

La conception des réservoirs :

- Le guide préconise un certain type d'acier.
- Une clôture de 2 mètres de hauteur est recommandée autour du stockage pour prévenir tout accès non autorisé.
- Une signalisation et un repérage des installations sont recommandés.
- En plus d'une manche à air, des équipements de protection individuelle sont recommandés.

Les inspections :

- Une inspection quotidienne est recommandée afin de détecter toute fuite et toute défaillance matérielle.
- Une inspection annuelle est recommandée (une proposition de formulaire est donnée en annexe).
- Une inspection interne est requise tous les 10 ans.
- Les soupapes de sécurité doivent être inspectées annuellement et remplacées tous les 5 ans.

6.6.3 AVIS SUR LE DOCUMENT

Points forts :

- Le document canadien est intéressant car il présente « un état de l'art » des pratiques des stockages à température ambiante.
- Le guide propose des check-lists d'inspection quotidienne et annuelle, qui viennent en complément de celles développées en Belgique, comme nous le verrons lors de l'examen de la « check-list ammoniac ».

Points faibles :

- Le document ne traite que des stockages à température ambiante.
- Le guide ne formule pas de recommandations sur les mesures techniques à prévoir sur un stockage.

7. NORMES

Après la présentation des principaux guides relatifs aux stockages d'ammoniac, nous arrivons maintenant dans la partie normative.

7.1 NORME NF EN 14620

7.1.1 OBJET DE LA NORME

La norme européenne NF EN 14620 est équivalente à la norme anglaise BS7777 et concerne la conception et la fabrication de réservoirs en acier à fond plat, verticaux, cylindriques, construits sur site, destinés au stockage des gaz réfrigérés, liquéfiés dont les températures de service sont comprises entre 0°C et - 165°C.

Cette norme est composée de 5 parties. Seules les parties 1, 2 et 5 ont un intérêt pour notre thématique.

La partie 1 intitulée « généralités » donne quelques considérations générales relatives à la conception.

La partie 2 de cette norme spécifie les exigences générales relatives aux matériaux, à la conception, à la construction et à l'installation des constituants métalliques des réservoirs de stockage.

La partie 5 de cette norme traite des exigences relatives aux essais, séchage, inertage et mise à froid des réservoirs.

7.1.2 CONTENU DE LA PARTIE 1 DE LA NORME

7.1.2.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE

La partie 1 est composée de 8 chapitres et 4 annexes.

Les chapitres sont les suivants :

- Choix du concept,
- Assurance qualité et contrôle qualité,
- Plan pour la santé, sécurité et l'environnement,
- Considérations générales relatives à la conception,
- Inspection et maintenance.

7.1.2.2 PRESENTATION DES POINTS CLES

La norme présente les différents types de réservoirs, qui se distinguent par leur « intégrité » :

- Le réservoir à simple intégrité se compose d'une seule cuve de stockage en acier et de forme cylindrique. Le réservoir doit être entouré d'un mur de rétention.
- Réservoir à double intégrité : ce réservoir est équipé en plus d'une cuve primaire étanche aux liquides et aux vapeurs, d'une cuve secondaire proche de 6 mètres de la cuve primaire.
- Réservoir à intégrité totale : il se compose d'une cuve primaire et d'une cuve secondaire qui constituent conjointement un réservoir de stockage intégré. La cuve secondaire est en acier ou en béton et doit permettre de contenir la totalité du produit liquide en cas de fuite de la cuve primaire. Elle doit être située à moins de 2 mètres de la cuve primaire.

Le choix du type de réservoir doit être réalisé sur la base d'une évaluation des risques. La norme développe la nécessité de l'évaluation et en donne quelques aspects.

La norme indique que le réservoir de stockage « doit être placé de manière à ce que les tuyauteries de raccordement à l'élément en amont et en aval soient les plus courtes possibles ».

La norme spécifie que l'évaluation des risques liés au stockage doit porter sur toutes les phases de durée de vie théorique du réservoir : conception, construction, mise en froid, fonctionnement normal, mise hors service, voire même l'abandon éventuel. Les éléments suivants, repris sous la forme d'un tableau doivent être pris en considération lors de l'analyse de risques :

Menaces externes pour l'intégrité du réservoir	Menaces internes pour l'intégrité du réservoir	Conséquences du défaut d'intégrité du réservoir
<ul style="list-style-type: none"> • Conditions naturelles / environnementales (neige, séisme, vent violent, foudre, inondation, température élevée) • Infrastructure (impact d'avion, incidences des installations adjacentes) • Aménagement du site d'implantation (incendie et explosion dans l'usine, ...) • Philosophie opérationnelle / méthode pratique d'exploitation et perturbations au niveau de l'usine 	<ul style="list-style-type: none"> • Défaillance mécanique choc thermique, corrosion, soulèvement par le gel de la fondation, fuites au niveau des brides) • Incident de matériel (soupapes de décharge, jauge de niveau de liquide, etc.) • Erreur de fonctionnement et de maintenance (trop-plein, renversement de couche, pompe immergée, surpression, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Effets sur la population sur le site et à l'extérieur • Dommages causés à l'environnement • Effets sur les installations adjacentes, • Effets sur d'autres parties de l'installation

Tableau 5 : Identification des causes d'accidents à prendre en compte lors de l'identification des phénomènes dangereux (éléments repris de la partie 1 de la norme)

Dans le chapitre 7, la norme fixe quelques considérations relatives à la conception, et notamment :

- La conception parasismique du réservoir,
- Les raccordements aux cuves : « en cas d'entrées et de sorties par le bas, une vanne d'arrêt interne commandée à distance doit être installée, ou la ligne de raccordement par le bas doit être conçue de manière à faire partie intégrante de la cuve primaire. Dans ce dernier cas, la première vanne doit être du type commandée à distance et soudée à la ligne de raccordement par le bas. Les raccordements par bride ne sont pas autorisés ».
- La mise en froid du réservoir.
- Les fondations qui doivent être conçues de manière à pouvoir absorber le tassement du réservoir et de ses connexions.
- La mise en place d'un système de chauffage de la fondation
- L'installation d'un système de protection thermique (du réservoir en béton)
- La rétention exigible uniquement pour les réservoirs à simple intégrité.
- La protection contre la foudre

Le chapitre 7 se poursuit en indiquant quelques « systèmes de protection », et notamment :

- La mesure de niveau ;
- La détection de pression ;
- La mesure de température (la température du liquide doit être mesurée à plusieurs profondeurs. La température de la phase gazeuse doit être surveillée. Il en va de même de la température au niveau de la robe et du fond de cuve primaire).
- La détection incendie et de gaz ;
- La détection de fuites de la cuve primaire ;
- La protection contre la surpression ;
- La protection contre la dépression.

La norme donne quelques obligations « d'actions accidentelles », notamment cas de fuite au niveau de la cuve primaire et de déversement à partir d'éléments de tuyauteries. « *Les endroits où peut se produire le déversement doivent être conçus de manière à pouvoir supporter le contact avec le produit liquide ou protégés par l'installation d'un moyen de captage et de drainage du produit* »⁴.

⁴ NF EN 14620-1, p.24

7.1.3 CONTENU DE LA PARTIE 2 DE LA NORME

La partie 2 est composée de 9 chapitres et de 2 annexes.

Les chapitres sont les suivants :

- Domaine d'application.
- Liste des références normatives.
- Termes et définitions
- Matériaux : Ce chapitre définit le type d'acier et les constituants à utiliser pour les réservoirs de stockage.
- Conception : Ce chapitre traite de la conception et en particulier des contraintes admissibles sur les différentes parties du réservoir.
- Fabrication : Dans ce chapitre on trouve les règles de manutention et de stockage des tôles ainsi que leurs préparations et les tolérances admises.
 - Modes opératoires de soudage
 - Soudage
 - Contrôle : Ce chapitre détaille les types d'examens possibles sur les soudures.

Les annexes sont les suivantes :

- Annexe A : Actions sur les membranes.
- Annexe B : détermination des courbes de charge et de fatigue sur la membrane.

7.1.4 CONTENU DE LA PARTIE 5 DE LA NORME

La partie 5 comprend 6 chapitres et une annexe.

Les chapitres sont les suivants :

- Domaine d'application.
- Liste des références normatives.
- Termes et définitions
- Essais hydrauliques et pneumatiques
- Séchage, inertage et mise en froid
- Arrêt

L'annexe A concerne la mise en froid du réservoir

7.1.5 AVIS SUR LA NORME

Points forts :

1. Le document est spécifique à la conception des réservoirs cryogéniques. Il donne des éléments constructifs très précis sur la nature des matériaux ou encore sur l'épaisseur des canalisations, et sur les mesures de prévention et de protection. Il est en conséquence utile pour la lecture des études de dangers, ou tout simplement lors des discussions entre autorités et industriels.

Points faibles :

1. La norme européenne est spécifique aux stockages cryogéniques.

7.2 NORME AUSTRALIENNE / NEO-ZELANDAISE AS / NZS 2022 : 2003 « ANHYDROUS AMMONIA – STORAGE AND HANDLING »

7.2.1 OBJET DE LA NORME

L'objectif de la norme australienne et néo-zélandaise est défini dans la préface :
« *l'objectif est de fournir aux distributeurs et utilisateurs des procédures pour la sécurité du stockage et de la manipulation d'ammoniac anhydre* ».

La norme définit des prescriptions pour la conception, la réparation, la modification, l'implantation, l'installation et l'exploitation d'une usine qui stocke, manipule ou transporte de l'ammoniac anhydre dans le contexte industriel et rural.

7.2.2 STRUCTURE DE LA NORME

7.2.2.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE

La norme est structurée en 9 sections et comporte 6 annexes.

Les sections pertinentes dans le cadre de ce rapport sont présentées ici.

Les sections 2 et 3 traitent de façon générale respectivement des équipements et des stockages.

La section 5 traite des stockages sous pression.

La section 6 traite des réservoirs réfrigérés.

La section 9 traite de la sécurité incendie.

La norme comporte six annexes qui sont présentées succinctement ci-dessous.

L'annexe A rappelle les propriétés de l'ammoniac.

L'annexe B liste les documents normatifs cités dans la norme.

L'annexe C présente en deux pages le risque de fissures de corrosion sous contraintes ou « SCC ». Elle rappelle que ce risque est très général et redouté de tous. Elle recommande différentes mesures concernant :

- le design,
- la construction,
- les vérifications,
- le démarrage,
- l'exploitation : il est spécifié qu'une concentration de 0,2% d'eau dans l'ammoniac liquide permet d'inhiber le phénomène de SCC. D'où la recommandation de maintenir une concentration en eau et de maintenir un faible niveau en oxygène.
- l'inspection : elle recommande notamment de développer un programme d'inspection basé sur une approche Risk Based Inspection.
- et la réparation.

L'annexe D définit les capacités de décharge des soupapes de sécurité (formule mathématique).

L'annexe E traite de la question du surremplissage et des risques d'expansion thermique pouvant conduire à une fuite d'ammoniac.

Le contenu détaillé de la norme est présenté en annexe.

7.2.2.2 PRESENTATION DE QUELQUES POINTS CLES

La section 9 est particulièrement intéressante et mérite d'être exposée ici dans le corps du rapport. Elle traite de la protection incendie des stockages. La norme explique les sept conséquences d'un stockage d'ammoniac exposé à un incendie :

- a) Les réservoirs à température ambiante peuvent se rompre.
- b) Une chaleur localisée peut provoquer la rupture du stockage.
- c) La rupture de réservoirs peut engendrer la projection de missiles.
- d) L'ammoniac émis peut s'enflammer.
- e) De l'ammoniac toxique sera émis dans l'atmosphère et présentera un danger pour la population.
- f) La fumée et l'eau d'extinction d'incendie peut être corrosive et toxique pour les personnes.
- g) L'ammoniac liquide qui se déverserait, contribuerait à la dispersion d'une grande quantité de gaz.

La section se poursuit sur les différents systèmes à mettre en place : systèmes de détection, systèmes de protection incendie fixes, alarmes incendie, extincteurs, systèmes sprinklers.

Cette section se termine par un tableau qui résume les obligations minimales attendues en termes d'équipement. Ce tableau est repris ici :

Volume V (m³)	Obligations
0,5 ≤ V < 2	a) Au moins deux extincteurs
2 < V ≤ 12	b) Au moins un extincteur et un RIA
12 < V ≤ 60	c) Au moins un RIA et des extincteurs positionnés tous les 15 m
60 < V ≤ 100	Comme c) plus au moins un poteau incendie, ou des canons à eau ou un système sprinkler
100 < V	Une étude de risque et une étude d'incendie doivent être réalisées.

Tableau 6 : tableau présentant les obligations minimales pour la protection incendie pour un système d'ammoniac

7.2.3 AVIS SUR LA NORME

Les points forts :

1. La norme traite des trois types de stockages d'ammoniac et présentent leurs dispositions constructives.
2. Elle fournit de nombreuses informations relatives aux mesures de sécurité qui équipent les réservoirs.
3. La norme développe un chapitre entier sur la protection des installations d'ammoniac au regard du risque d'incendie. C'est la seule norme qui aborde de façon aussi complète cette question.

Les points faibles :

1. On peut regretter l'absence de prescriptions relatives aux mesures de protection.

7.3 NORME AMÉRICAINE ANSI K61.1 « AMERICAN NATIONAL STANDARD SAFETY REQUIREMENTS FOR THE STORAGE AND HANDLING OF ANHYDROUS AMMONIA »

7.3.1 OBJET

La norme américaine ANSI K61.1 présente un consensus entre les parties intéressées concernant les prescriptions minimales de sécurité pour le stockage, le transport et la manipulation d'ammoniac anhydre.

L'objectif de cette norme est de servir de guide pour les autorités compétentes et pour les industriels.

Ont participé à sa rédaction différents acteurs : l'institut américain des ingénieurs chimistes, DNV, DuPont de Nemours, l'Institut International de l'Ammoniac Réfrigéré, l'Environmental Protection Agency, etc.

La norme s'intéresse à la conception, la construction, la réparation, l'emplacement, le fonctionnement des stockages d'ammoniac.

7.3.2 STRUCTURE DE LA NORME

La norme est structurée en chapitres. Les deux premiers présentent successivement les dangers de l'ammoniac et les définitions des différents termes : altération, réparation, capacité, etc.

Les titres des autres chapitres sont donnés ci-dessous :

- Chapitre 3 : sécurité
- Chapitre 4 : utilisation de l'eau dans les situations d'urgence
- Chapitre 5 : règles de base
- Chapitre 6 : systèmes non réfrigérés
- Chapitre 7 : stockage réfrigéré

Les chapitres 8 à 11 traitent des réservoirs d'ammoniac transportés sur des camions.

Le chapitre 12 s'intéresse spécifiquement aux applications agricoles de l'ammoniac.

Le contenu de la norme est présenté en annexe.

7.3.3 AVIS SUR LA NORME

Points forts :

1. La norme américaine aborde les trois types de stockage cryogénique, semi-réfrigéré et sous pression. Elle prescrit de nombreuses mesures de sécurité mais uniquement techniques. Elle se rapproche de la norme australienne AS/NZS 2022.
2. Comme la norme l'indique dans sa partie introductive, elle est destinée aux industriels et aux autorités compétentes. Elle a de plus été réalisée conjointement avec des industriels, des fabricants d'équipements, des experts en sécurité et des représentants des autorités compétentes. Elle est issue d'un consensus entre toutes les parties intéressées.
3. La norme traite de aspects transport et applications agricoles.

Points faibles :

1. Si dans sa partie introductive, la norme spécifie qu'elle sert de base pour le contrôle par les autorités, elle ne donne pas d'outil pratique pour atteindre cet objectif : il n'y a pas de tableau, pas de check-list et la présentation de la norme est assez austère. La police d'écriture est petite (taille 8), et il n'y a aucun schéma.
2. La prévention de la corrosion n'est pas abordée.

7.4 NORME NEERLANDAISE PGS 12 « STOCKAGE ET DECHARGEMENT D'AMMONIAC »

7.4.1 OBJET

Cette norme néerlandaise a été réalisée par différents acteurs, dans une approche similaire à la norme américaine ANSI K61.1.

7.4.2 STRUCTURE DE LA NORME

Elle est constituée de 10 chapitres.

Elle n'est disponible qu'en néerlandais. L'INERIS n'a fait traduire que le plan, afin de connaître, en première approche, le contenu de la norme.

Cette première approche nous permet d'identifier une construction similaire à celle de la norme américaine. Un entretien avec le RIVM, institut néerlandais, a permis de confirmer que document PGS 12 reprenait effectivement les éléments de la norme américaine.

La traduction détaillée du sommaire figure en annexe du rapport.

7.4.3 AVIS SUR LE DOCUMENT

N'ayant accès qu'à une version originale du document, il est difficile de pouvoir se forger un avis. Il est important de rappeler ici que les industriels français ne connaissent pas cette norme néerlandaise.

7.5 L'API STANDARD 620 « DESIGN AND CONSTRUCTION OF LARGE, WELDED, LOW – PRESSURE STORAGE TANKS »

7.5.1 OBJET DE LA NORME

L'American Petroleum Institute (API) est une organisation nationale américaine couvrant tous les aspects liés à l'industrie du pétrole et du gaz naturel. Fondé en

1919, l'API compte plus de 400 membres, allant des grands groupes industriels aux compagnies plus petites, rassemblant autant les producteurs, raffineurs, fournisseurs, opérateurs de canalisation et transporteurs maritimes que les compagnies de service.

L'API qui a publié ses premiers standards en 1924, maintient aujourd'hui ses 500 standards et fiches pratiques couvrant tous les champs de l'industrie du pétrole et du gaz naturel. L'API publie également des spécifications, codes et publications techniques établis sur la base de bonnes pratiques industrielles. Pour cela, il existe plus de 700 groupes de travail et comités couvrant ces divers domaines et sujets techniques. Ils ont pour objectif de rédiger, d'améliorer et de mettre à jour ces standards et codes.

Le comité des standards API est structuré en 4 secteurs :

- Comité de standardisation des équipements et matériels pétrolifères,
- Comité de mesures du pétrole,
- Comité sur les équipements de raffineries,
- Structure regroupant le marketing, la sécurité et la protection contre l'incendie, les affaires réglementaires et scientifiques.

Cette norme API 620 a pour unique objet, la construction et la conception des réservoirs verticaux pour le stockage à basse pression.

7.5.2 STRUCTURE DE LA NORME

Le document propose des bonnes pratiques d'ingénierie sur les sujets suivants :

- Sections 1,2,3 : champ du document, publications référencées, définitions
- Section 4 : matériaux
- Section 5 : conception
- Section 6 : fabrication
- Section 7 : inspection
- Section 8 : la marquage
- Section 9 : les équipements de pression et de mise au vide

Vingt annexes complètent le corps principal de l'API constitué déjà d'une centaine de pages.

L'annexe R notamment s'intéresse uniquement aux réservoirs basse pression pour les produits réfrigérés. Elle aborde divers points liés à la conception du réservoir : la forme des parois, leur épaisseur, les mesures à effectuer, etc..

7.5.3 AVIS SUR LE DOCUMENT

Points forts :

1. L'annexe R de la norme est la plus pertinente pour ce rapport.

Points faibles :

1. Les informations qui figurent dans la norme sont utiles pour l'ingénierie.
Elles le sont beaucoup moins pour les analyses de risques.

8. AUTRES TYPES DE DOCUMENTS

8.1 BREF NH3 : LVIC-AAF (LARGE VOLUME INORGANIC CHEMICALS)

8.1.1 INTRODUCTION

Le document de référence sur les meilleures techniques disponibles (BREF - Best Available Techniques Reference document) intitulé «Document de référence sur les meilleures techniques disponibles pour la fabrication de produits chimiques inorganiques en grands volumes (ammoniac, acides et engrais)» rend compte de l'échange d'informations mené en application de l'article 16, paragraphe 2, de la directive 96/61/CE du Conseil (directive IPPC). Il fait référence au document de l'EFMA de 2000 intitulé « Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry ».

Ce document de l'EFMA donne en quatre pages des principes généraux de sécurité qui concernent les réservoir de stockage, les équipements de transferts, les opérations de chargement des citernes routières et ferroviaires et les bateaux.

8.1.2 LES RESERVOIRS DE STOCKAGE

Les éléments ci-dessous mis entre guillemets traduisent le plus littéralement possible le texte original du BREF.

« Les réservoirs doivent être construits en conformité avec un code agréé pour la construction d'équipements sous pression ou de réservoirs de stockage. Le design et les matériaux de construction du réservoir doivent être vérifiés suivant une norme nationale ou internationale. Certains stockages peuvent être conçus pour résister aux effets de surpression ».

« Le stockage doit être protégé des cas de surpression interne. Les stockages réfrigérés devront être protégés contre les situations de dépression ».

« L'introduction d'ammoniac chaud dans l'ammoniac froid devra être éliminée pour éviter les risques d'évaporation excessive et le phénomène de « rollover ». Tous les stockages devront être équipés de deux détecteurs de niveaux indépendants, chacun ayant un niveau haut d'alarme ».

« Une vanne d'arrêt automatique, actionnée par une alarme de niveau très haut, devrait être installée sur la ligne d'alimentation ».

« Dans le cas de l'ammoniac liquide réfrigérée, les stockages devront être équipés avec une installation de recompression en vue de liquéfier la partie

éaporée. Il devrait exister au moins deux unités de réfrigération pour permettre la maintenance convenable et pour prévenir l'émission d'ammoniac par les soupapes de sécurité. De plus, la fourniture d'une énergie de secours devra être prévue. Un dispositif de décharge automatique vers une torchère devrait être prévue en cas de perte de l'équipement de réfrigération. La torchère devrait être située à une distance convenable des réservoirs ».

« Des soupapes de sécurité devraient être présentes et adaptées aux conditions opératoires et de sécurité ».

8.1.3 LES EQUIPEMENTS DE TRANSFERT

Le BREF recommande la présence de vannes à sécurité positive :

« Les canalisations liquides ou gaz devraient être pourvues de vannes d'isolation. Les principales vannes d'isolation devraient pouvoir être actionnées à distance ».

« Les systèmes télécommandés devraient être conçus de telle sorte que la fermeture est automatique en cas de coupure de courant. L'ammoniac liquide a un haut coefficient d'expansion thermique et de ce fait des moyens du type soupape de décharge (« safe venting ») devraient être installées sur les canalisations dès qu'une quantité d'ammoniac pourrait être piégée entre deux vannes ».

« Les canalisations d'ammoniac liquide devraient être équipées de vannes actionnables à distance et placées à des intervalles réguliers pour minimiser la perte en cas d'événement de rupture de ligne ».

8.1.4 LES OPERATIONS DE (DE)CHARGEMENT DES CITERNES ROUTIERES ET FERROVIAIRES

Au cours des opérations de (dé)chargement, le BREF précise que les « vapeurs d'ammoniac peuvent être transférées vers le réservoir d'ammoniac, un réseau d'ammoniac gazeux ou encore un scrubber/absorbeur dans le but de prévenir toute émission dans l'atmosphère ».

« Après les opérations de (dé)chargement et avant la déconnexion, les parties liquides devront être dirigées vers les réservoirs. Préférentiellement, ceci pourrait être réalisé par injection d'un gaz inerte comme l'azote ou du gaz ammoniac. Si un gaz inerte était utilisé, il conviendrait de s'assurer que ce gaz ne puisse rentrer dans les réservoirs ou les citernes. Ce gaz devrait être évacué vers un scrubber ou la torchère ».

« Un contrôle du poids devra être effectué après le chargement, afin que le contenu autorisé ne soit pas dépassé. Les stations de chargement modernes (routières et ferroviaires) sont équipées d'une sécurité contre le surremplissage ».

8.1.5 LES OPERATIONS DE (DE)CHARGEMENT PAR BATEAU

« Durant les opérations de dépotage, une distance de sécurité doit toujours être maintenue avec les autres bateaux (par exemple 30 mètres) ».

« Des canalisations « retour » liquides et gaz devraient être présentes dans le cas des terminaux d'import et d'export. Une ligne « retour gaz » n'est pas nécessaire dès lors que le bateau a une capacité de réfrigération suffisante ou dès lors qu'il n'y a qu'importation d'ammoniac ».

« Les connexions liquides et gaz doivent être équipées de vannes d'isolation localisées au plus près du bateau. Ces vannes doivent pouvoir être fermées quelles que soient les conditions et la connexion entre le réservoir et la canalisation liquide doit être équipée d'une vanne d'isolation ».

« Les bras de (dé)chargement devraient être équipés de déconnecteurs à sec. Les vannes d'isolation doivent être fermées automatiquement dès que ces dispositifs sont déconnectés ou que les bras de (dé)chargement sont trop loin de leur position ».

« Après chaque opération de (dé)chargement, l'ammoniac liquide contenu dans les bras doit être collecté dans un réservoir d'évaporation lui même connecté au réservoir de stockage par une canalisation gaz. Les bras de (dé)chargement sont alors purgés par un gaz inerte ou du gaz ammoniac. Si un gaz inerte était utilisé, il conviendrait de s'assurer que ce gaz ne puisse rentrer dans les réservoirs ou les citernes. Ce gaz devrait être évacué vers un scrubber ou la torchère ».

8.1.6 AVIS SUR LE BREF

Points forts :

1. Le document donne en deux pages une présentation succincte du minimum requis pour stocker, transférer, décharger et charger de l'ammoniac.

Points faibles :

1. Le document ne donne que des principes généraux de sécurité, et ne va pas dans le détail des équipements. Il reste très général, mais constitue une bonne base pour celui qui ne connaît pas la thématique de l'ammoniac.

8.2 RAPPORT INERIS 2002

8.2.1 PRESENTATION

L'INERIS a rédigé un rapport en 2002 qui fait la synthèse des barrières techniques de sécurité disponibles en matière de prévention des accidents pour les installations d'ammoniac.

Ce rapport fait suite à la demande du ministère de l'environnement de l'époque qui souhaitait que soient établis des documents exposants quelques exemples très limités de bonnes réalisations, récentes ou non, dans des pays de l'union européenne.

Le rapport de 2002 présente des barrières techniques de sécurité disponible pour deux types d'installations : les postes de dépotage terrestre et ferroviaire et les stockages d'ammoniac de grande capacité dans les établissements de production d'engrais.

8.2.2 CONTENU

8.2.2.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE DU RAPPORT

Le document est construit en 5 chapitres.

Le premier concerne l'introduction.

Le deuxième chapitre présente les risques liés aux installations employant de l'ammoniac.

Le troisième chapitre donne des exemples de barrières techniques de sécurité relatives à des installations de dépotage et de stockage d'ammoniac.

Le 4^{ème} chapitre liste la bibliographie utilisée pour le rapport.

Le dernier chapitre constitue la conclusion du rapport.

8.2.2.2 PRESENTATION DES ELEMENTS CLES POUR LE DEPOTAGE

Les principales fonctions de sécurité à assurer lors des opérations de dépotage sont les suivantes :

- 1) Immobiliser la citerne-mobile pendant l'opération de chargement / déchargement d'ammoniac, par la mise en place de cales et possibilité de mise en place d'une cellule anti déplacement
- 2) Assurer une liaison en sécurité entre le réservoir et la citerne-mobile (raccordement par flexibles ou par bras de déchargement) ;
- 3) Isoler une fuite liquide d'ammoniac (clapet de fond) ;
- 4) Protéger d'un déplacement intempestif de la citerne-mobile (ridoir) ;

- 5) Protéger contre l'électricité statique (réseau de puits de mise à la terre couvrant l'aire de l'unité concernée et la liaison des puits entre eux par câbles ou liaisons équipotentielles ou mise en place d'un limiteur de débit, dont le rôle est de limiter la vitesse d'écoulement de l'ammoniac, constitue également une protection contre le risque d'incendie ou d'explosion liée à la présence d'électricité statique) ;
- 6) S'affranchir du risque d'entraînement vésiculaire de liquide dans le circuit de compression (mise en place d'un ballon décanteur sur le circuit) ;
- 7) Limiter les petites fuites (collecte des purges) ;
- 8) Isoler une section de canalisation par rapport à une autre et limiter les épandages d'ammoniac par :
 - Des piquages en phases gazeuse et liquide des citernes-mobiles peuvent chacun être équipés d'un clapet interne hydraulique. Il s'agit d'une vanne à contre-pression équipée d'un clapet limiteur de débit. Ces clapets ne peuvent généralement être actionnés que si le frein à main du camion est serré ou si le ridoir est correctement accroché sur le wagon. Par ailleurs, l'ouverture complète de ce clapet n'est possible, dans ce cas, que si les pressions entre son amont et son aval sont équilibrées. Si la pression aval chute, le clapet se referme.
 - Des bras articulés peuvent être munis d'un clapet de rupture. Ce dispositif, comportant un point de rupture préférentiel, est prévu pour se rompre, entraîner la fermeture de clapets de part et d'autre du système et permettre ainsi l'isolement du réservoir en remplissage et de la citerne en dépotage.

La déconnexion du bras peut également être commandée par activation d'un bouton poussoir :

 - local,
 - disposé au voisinage immédiat de la salle de contrôle du dépotage.
 - Un clapet anti-retour permet d'isoler une section de canalisation sur une ligne liquide, sur la ligne de refoulement des pompes, sur la ligne d'utilisation...
 - Détection de débit bas ou de pression basse peut déclencher automatiquement les vannes d'isolement.
- 9) Contrôler et surveiller les concentrations d'ammoniac pour en détecter une fuite (installation de détecteurs d'ammoniac à proximité du poste de dépotage, sur le poteau support des bras articulés, avec deux seuils d'alarme) ;
- 10) Lutter contre un incendie à proximité ;
- 11) Eviter une inversion de branchement ;
- 12) Protéger contre une montée en pression (installation d'une soupape de décharge sur la ligne liquide tarée à une pression déterminée) ;
- 13) Repérer les organes entre eux (peinture de couleur différente) ;
- 14) Eviter le sur remplissage du réservoir ;

- 15) Diluer une fuite d'ammoniac gazeux (dispositif de cabanage associé à des rideaux d'eau) ;
- 16) Mettre en sécurité l'installation ;
- 17) Indiquer la direction d'évacuation de la population (manche à air).

A noter la présence d'un filtre pour piéger les corps étrangers susceptibles de bloquer les clapets de fonds.

8.2.2.3 PRESENTATION DES ELEMENTS CLES POUR LE STOCKAGE

D'une façon générale, il est rappelé « qu'un réservoir d'ammoniac est disposé au sein d'une cuvette de rétention. Cette cuvette est constituée d'un sol en béton et limitée par des murets en parpaings. Ces murets peuvent, eux-mêmes, être surmontés d'une clôture grillagée et l'accès au réservoir peut se faire de façon réglementée par l'intermédiaire d'un portail cadénassé ».

Cas des stockages d'ammoniac sous pression :

Un réservoir peut généralement être équipé :

- d'un thermomètre⁵ ;
- d'un dispositif d'arrosage à l'eau ;
- de deux, trois ou même quatre soupapes tarées à ce qui correspond à la pression maximale de service du réservoir concerné ;
- d'une conduite de remplissage ;
- d'une conduite d'équilibrage des phases gazeuses du réservoir et de la citerne en cours de dépotage ;
- de conduites de soutirage en phase liquide ;
- d'une conduite « retour de l'ammoniac non consommé » dans les ateliers ;
- d'une jauge de niveau⁶ indiquant en % le niveau de liquide présent dans le réservoir. Ce dispositif fonctionne, par exemple, par l'intermédiaire d'un bras balancier équipé à son extrémité d'un flotteur ;
- d'un clapet interne anti-retour, par exemple, et d'une vanne sur son piquage de remplissage (en phase liquide), qui peut être repéré d'une autre couleur ;
- de vannes montées en série sur son piquage de soutirage (en phase liquide) repéré d'une troisième couleur ;
- d'une vanne sur son piquage en phase gazeuse repéré d'une quatrième couleur.

⁵ Des seuils d'alarme peuvent être associés à ce thermomètre pour déclencher automatiquement l'arrosage des réservoirs ou une alarme sonore locale et reportée en salle de contrôle.

⁶ Des seuils d'alarme peuvent être associés à cette jauge.

Il est à noter que l'on peut trouver les deux piquages en phase liquide du réservoir (remplissage et soutirage) munis d'une gorge préférentielle de rupture conçue pour préserver, en cas de choc, l'intégrité du dispositif de clapet interne anti-retour ou à contre pression.

Cas des stockages d'ammoniac cryogéniques :

Le rapport considère le cas d'un réservoir en Italie qui est à simple paroi avec mur béton.

Présentation des dispositifs de sécurité associés au stockage d'ammoniac :

- 1) Alerter sur la dérive de niveau ;
- 2) Contenir une fuite d'ammoniac (fosse en béton) ;
- 3) Prévenir un choc mécanique (construction de murets ou de merlons) ;
- 4) Protéger contre la surpression dans la capacité (disque de rupture ou des soupapes) ;
- 5) Contenir les émissions d'ammoniac et diluer ce qui n'a pas pu être retenu (dispositif de cabanage associé à des rideaux d'eau) ;
- 6) Protéger contre l'électricité statique ;
- 7) S'affranchir du risque d'entraînement vésiculaire de liquide dans le circuit de compression (collecte des purges) ;
- 8) Limiter les petites fuites ;
- 9) Isoler une section de canalisation par rapport à une autre et limiter les épandages d'ammoniac (clapet anti-retour et détecteur de débit bas) ;
- 10) Contrôler et surveiller les concentrations d'ammoniac pour en détecter une fuite (détecteurs peuvent être disposés aux points cardinaux du stockage à 1,50 m du sol et un autre détecteur peut être installé dans la fosse en béton) ;
- 11) Lutter contre un incendie à proximité (couronne d'aspersion d'eau en cas d'incendie à proximité ou sur un autre réservoir) ;
- 12) Eviter une inversion de branchement (mise en place d'un dispositif spécifique des sens d'ouverture / fermeture des vannes peut assurer cette fonction de sécurité qui est d'éviter une inversion de branchement) ;
- 13) Repérer les organes entre eux (peinture de couleur différente) ;
- 14) Indiquer la direction d'évacuation de la population (manche à air) ;
- 15) Mettre l'installation en sécurité. L'alarme et la mise en sécurité de l'installation (fermeture des vannes commandées et arrêt des pompes de transfert.

8.2.3 AVIS SUR LE RAPPORT INERIS 2002

Points forts :

1. L'INERIS avait déjà en 2002 effectué un premier travail de recensement des barrières de sécurité. Le travail réalisé en 2002 a donc servi de base pour l'élaboration de ce rapport.

Points faibles :

1. Si le rapport de 2002 constitue une base de travail, il manque toutefois de références. En effet, les barrières présentées ne sont pas identifiées par rapport à un guide, une note ou un document de référence.

8.3 RAPPORT IPSN

8.3.1 PRESENTATION

Le rapport DES n°252 qui s'intitule « Evaluation de la sûreté des installations utilisant de l'ammoniac » a été rédigé en 1995 par l'IPSN à la demande du chef du service de l'environnement industriel du ministère de l'environnement.

L'objectif était de faire « le bilan des connaissances concernant les dangers et les caractéristiques du produit, les conditions habituelles de mise en œuvre, les moyens de prévention et de limitation des conséquences des accidents et les méthodes d'évaluation des conséquences ».

8.3.2 CONTENU

Le rapport de l'IPSN comporte cinq parties.

- 1^{ère} partie : caractéristiques, dangers et conditions d'utilisation de l'ammoniac
- 2^{ème} partie : stockages
- 3^{ème} partie : appareils et canalisations d'usines
- 4^{ème} partie : transports par route, par fer et par voies d'eau. Chargements et déchargements associés
- 5^{ème} partie : utilisation agricole

Dans le cadre de rapport, c'est la deuxième partie qui est la plus pertinente dans le cadre de notre travail pour les stockages et la 4^{ème} pour les opérations de dépotage.

8.3.3 AVIS SUR LE RAPPORT IPSN

Points positifs :

1. Le document a été réalisé par l'IPSN, puis soumis aux industriels du secteur. Il a permis de capitaliser un retour d'expérience conséquent.
2. Le document détaille les mesures de prévention et de protection souvent rencontrées sur les sites industriels. Les commentaires qui y figurent apportent une valeur ajoutée indéniable au rapport. Avec la check-list ammoniac, et le guide NH3, il décrit les mesures de sécurité en s'appuyant sur une analyse des risques et un retour d'expérience.

Points négatifs :

1. Dans cette version, l'IPSN n'a pas abordé l'état de l'art européen voire international.

8.4 LEE'S LOSS PREVENTION IN THE PROCESS INDUSTRY

8.4.1 PRESENTATION

F.P. Lee a effectué l'inventaire d'articles et d'études scientifiques sur l'analyse des risques, dans les domaines du pétrole, chimique et nucléaire. Ses travaux sont regroupés dans un ouvrage (en trois volumes) qui fait référence et qui a été édité pour la troisième fois en 2005.

Cet ouvrage s'adresse principalement aux ingénieurs en formation. Cependant l'auteur note qu'il pourrait être utile à des ingénieurs en exercice qui désirent se familiariser avec des thèmes qui leurs sont inconnus, avant d'approfondir le sujet par l'étude d'articles spécialisés.

8.4.2 CONTENU

Dans son volume 2, cet ouvrage de référence cite notamment l'API 620 et HS(G) 30.

Il fait un résumé pour le stockage sous pression (chapitre 22.17) et le stockage réfrigéré (chapitre 22.18).

8.4.3 AVIS SUR LE DOCUMENT

Le « Lee's » est un livre qui fait référence et est souvent cité dans le domaine de la prévention des risques industriels. Il permet en effet d'avoir un résumé d'un certain état de l'art des pratiques. Et le chapitre sur le stockage d'ammoniac ne le dément pas.

8.5 LA « CHECK-LIST AMMONIAC » (BELGIQUE)

8.5.1 PRESENTATION GENERALE DES CHECK-LIST UTILISEES EN BELGIQUE

8.5.1.1 INTRODUCTION

La Wallonie s'est dotée d'un ensemble de documents désignés sous l'expression de « check-list » utiles à la fois à l'inspection et aux industriels pour les domaines suivants : le GPL, les liquides inflammables et l'ammoniac.

L'objectif des « check-lists » est de permettre de vérifier dans quelle mesure les installations sont en conformité avec les normes actuelles et les codes de bonnes pratiques.

Ces documents sont des outils d'inspection de la Division du contrôle des risques chimiques. Ils sont mis en ligne gratuitement sur le site internet du ministère belge du travail et de l'emploi (<http://www.emploi.belgique.be>).

Les check-lists sont élaborées sur la base d'analyses de risques d'installations. Ces analyses sont réalisées à l'aide de la technique intitulée « PLANOP » qui a été développée au sein de la division du contrôle des risques chimiques.

En page 2 de la « check-list » ammoniac, il est précisé que *« la check-list énumère un certain nombre de risques spécifiques aux installations concernées et donne un aperçu des mesures qui peuvent être prises pour les contrer. Ces risques et mesures sont essentiellement repris de normes et codes de bonne pratique se rapportant à ces installations. Cette check-list n'a pas la prétention d'être exhaustive et ne remplace donc pas ces normes et codes. L'application de cette check-list ne peut en aucun cas être une alternative à une analyse de risques approfondie par l'exploitant »*.

8.5.1.2 ELABORATION DES « CHECK-LIST »

Les check-lists sont toutes structurées de la même façon, à savoir :

- Une première partie rappelant les propriétés de la substance (GPL, Liquides inflammables, ou ammoniac).
- Une seconde partie consacrée à l'application de check-list.
- Une première annexe technique présentant l'analyse PLANOP des installations.
- Une seconde annexe technique listant l'ensemble des points à vérifier par l'industriel ou par l'inspecteur.

Dans ces annexes, les installations sont subdivisées en systèmes et sous-systèmes. Pour chacun des sous-systèmes sont décrits les scénarios d'accidents et les mesures intervenant en prévention et en protection. Les critères minimaux que doivent respecter les mesures sont également présentés.

8.5.2 PRESENTATION DE LA « CHECK-LIST AMMONIAC »

8.5.2.1 STRUCTURE GENERALE DE LA « CHECK-LIST AMMONIAC »

Après un rappel synthétique des propriétés physiques et chimiques de l'ammoniac, de ses dangers toxiques et explosifs, de sa classification et de ses trois principaux modes de stockage, la check-list renvoie à son annexe technique qui constitue la partie la plus importante du document (même en nombre de pages : 76 pages sur 91 en totalité !).

En références, la check-list fournit une liste de 20 documents qu'elle exploite. On trouve notamment les documents que nous serons amenés à revoir par la suite, à savoir :

- *Safety Requirements for the Storage and Handling of Anhydrous Ammonia*, Compressed Gas Association, Inc., ANSI K-61.1-1989, revision du K61.1-1981
- *Storage of anhydrous ammonia under pressure in the United Kingdom*, Health and Safety Executive, 1ère édition, 1986
- *Loss Prevention in the Process Industries*, Frank P. Lees, 2ième édition, 1996
- *Guidelines for Safe Storage and Handling of High Toxic Hazard Materials*, Center for Chemical Process Safety, 1988
- *Storing Ammonia Safely*, Fertilizer International, Technology no 325, septembre 1993

A chacune de ces références est attribuée un numéro qui est rappelé à chaque fois qu'elle est utilisée.

8.5.2.2 PRESENTATION DES SYSTEMES ET SOUS-SYSTEMES D'ETUDES

Les résultats de l'analyse de risques sont présentés pour les systèmes et sous-systèmes suivants :

- Déchargement
 - (Dé)chargement de camions ou wagons-citernes
 - Déchargement d'un bateau
- Tuyauteries
 - Tuyauterie
 - Compresseur
 - Pompe
- Stockage
 - Réservoir de stockage
 - Evaporateur
- Destruction du NH₃
- Scrubber

Il faut noter que le document belge ne distingue pas les trois types de stockage ammoniac. Tous sont repris sous l'expression globale de « réservoir de stockage ».

Pour chacun des sous-systèmes, la « check-list » identifie des scénarios d'accidents et des mesures en vue de prévenir ou de limiter les effets.

Les scénarios considèrent les dérives internes du procédé et quelques agressions externes. A titre d'illustration les agressions de type collision sont abordées lors des opérations de (dé)chargement. Toutefois elles ne sont pas étudiées pour les canalisations.

Les mesures sont définies selon les six catégories ci-dessous :

- Passives,
- Boucles de sécurité (par exemple : détection NH₃),
- Vannes automatiques,
- Décharge de pression (par exemple : soupape de sécurité),
- Inspection et entretien,
- De type procédure.

Pour chacun des sous-systèmes, les scénarios d'accidents sont présentés, ainsi que les mesures de sécurité. Ces éléments ont été mis en annexe, afin de faciliter la lecture du rapport.

8.5.2.3 PRESENTATION D'UN POINT CLE

S'il fallait conserver une idée clé de la check-list ammoniac, ce serait sa volonté de résumer l'ensemble du document et de l'analyse de risques en un tableau de deux pages. Ce tableau, repris en annexe dans son intégralité, présente en effet la liste des points à vérifier par les industriels et les autorités compétentes.

8.5.3 AVIS SUR LA CHECK-LIST

Points forts :

1. La check-list a été établie dans un objectif de constituer un outil d'inspection pour les autorités et les industriels. Elle est basée sur une analyse de risques des systèmes de stockage, de chargement et de déchargement et des moyens de transport. Elle offre en annexe un tableau qui liste l'ensemble des points à vérifier par l'industriel et l'autorité compétente.
2. La check-list a été établie sur la base de documents majoritairement repris dans ce rapport.
3. Tous les types de stockage sont visés par la check-list.

Points faibles :

1. Le document liste pour l'ensemble des systèmes et sous-systèmes d'étude, les risques redoutés et les mesures de sécurité. L'ensemble de ces sous-systèmes représente un nombre important d'éléments et d'informations, qui ne sont pas présentés de la façon la plus simple qui soit. En clair, « on trouve de tout, mais il faut chercher ».
2. Si tous les types de stockages sont traités dans la check-list, cela n'est pas écrit explicitement. En effet, un système a fait l'objet d'une analyse de risque dont les résultats ont été repris dans la check-list. Il s'agit du système « réservoir de stockage ». Les réservoirs cryogéniques ne font pas exemple l'objet d'un traitement particulier.

9. ANALYSE DES GUIDES, NORMES ET AUTRES DOCUMENTS DE REFERENCE

9.1 ANALYSE COMPAREE DES DOMAINES D'APPLICATION DES DOCUMENTS CONSULTES

Afin de permettre d'avoir une vision rapide sur les domaines d'application des documents que nous venons de présenter dans les chapitres précédents, le tableau ci-dessous a été réalisé.

Il permet de savoir :

- si le document concerne la conception / l'exploitation,
- quel type de stockage est traité dans le document,
- quelles sont les installations étudiées dans le document.

	Checklist ammoniac	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	Guide EFMA réservoirs	Guide UNIFA	Guide canadien	NF EN 14620	AS / NZS 2022 : 2003	ANSI K61.1	HS(G) 30	L'API STANDARD 620	BREF NH3	EFMA Wagon
Conception	x			x			x	x	x	x	x	x	x	x
Exploitation	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x			x
Stockage cryogénique	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	
Stockage semi-réfrigéré	x	x	x	x					x	x	x	x	x	
Stockage sous pression	x	x	x	x			x		x	x	x		x	
(Dé)chargement camion	x	x	x	x					x				x	
(Dé)chargement bateau	x		x	x									x	
(Dé)chargement wagon	x	x	x	x					x				x	x
Tuyauteries	x	x	x	x					x	x			x	
Pompes, compresseurs	x	x		x					x	x	x			
Réservoir	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

Dans ce tableau, le « Lee's prevention in the process industry » n'est pas repris, puisque lui-même fait la synthèse de l'API 620 et du document anglais HS(G)30.

9.2 COMPARAISON DES ASPECTS COUVERTS PAR LES DOCUMENTS CONSULTÉS

Le tableau ci-dessous présente les aspects couverts par les différents documents.

Le lecteur peut ainsi aisément savoir si le document traite :

- des barrières techniques,
- des barrières humaines,
- de l'inspection par les industriels,
- du contrôle par les autorités,
- d'analyses de risques,
- de mesures de prévention,
- de mesures de protection.

Pour chacun de ces aspects, la pertinence des documents a été estimée au moyen de + (+++ signifiant que le document est très pertinent pour tel aspect).

	Check-list ammoniac	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	Guide EFMA réservoirs	Guide UNIFA	Guide canadien	NF EN 14620	AS / NZS 2022 : 2003	ANSI K61.1	HS(G) 30	L'API STANDARD 620	BREF NH3	EFMA Wagon
Barrières techniques	++	++	+	++			+	++	+++	+++	+++		+	+++
Barrières humaines	++	+	+	+	+	+	++	+		+	+		+	+++
Inspection par les industriels	++				+++	+++	+++		+	+	+	+	+	
Contrôle par les autorités	+++	+	+++	++			+			+	++			
Analyse de risques	+++	+	+++	+++	+	+		++						++
Mesures de prévention	+++	+++	+++	+++	+	+	+	+	+++	+++	+++		+	+++
Mesures de protection	+++	+++	+++	+++			++	+	++	++	++		+	+++

9.3 COMPARAISON DES PRESCRIPTIONS CONCERNANT LES STOCKAGES

9.3.1 INTRODUCTION

Les deux tableaux précédents permettent d'avoir un avis rapide sur le document à consulter dans un but précis.

Dans ce chapitre, nous allons analyser comparativement les différents documents, et indiquer ce que chaque document décrit pour quelques fonctions clés de la sécurité des stockages.

Il s'agit en effet :

- des questions relatives aux distances de sécurité pour l'implantation des réservoirs,
- de la prévention du surremplissage,
- de la prévention de la mise en dépression du réservoir
- de la prévention de la mise en surpression du réservoir,
- de la prévention de la corrosion,
- de la réfrigération des réservoirs,
- de la détection et des moyens de limitation du temps de fuite,
- de la prévention de l'incendie,
- de la protection contre les chocs,
- et des autres mesures de protections.

Ce découpage n'a pas été évident à trouver. En effet, les documents abordent des aspects parfois très diversifiés et il n'était facile de rendre visible autant le « dénominateur commun » que les points singuliers.

Dans les tableaux qui vont suivre, nous avons cherché à indiquer à quels modes de stockage s'appliquait la prescription.

Pour gagner en lisibilité, nous avons limité le nombre de colonnes et de lignes du tableau. Aussi, certains documents consultés n'ont pas « leur colonne », en raison de leur manque de pertinence au regard de l'objectif de ce rapport. C'est le cas de l'API 620 ou du guide canadien ou encore du Lee's.

9.3.2 LES DISTANCES DE SECURITE

Les guides abordent de façon inégale la question de l'implantation des réservoirs.

Dans la check-list ammoniac :

- Distance de sécurité des réservoirs par rapport au réseau public 25 m
- Distance de sécurité des réservoirs par rapport aux routes internes 25 m pour stockage > 50 tonnes sinon 10 m

Dans le guide GT NH3 :

- Le GT a proposé des mesures visant à éloigner les installations de stockage des autres installations et des voies de circulation.
- La circulaire de 1970 prescrit que pour l'ammoniac à température ambiante, la distance de sécurité par rapport au réseau public routier ou ferroviaire est de 15m. De plus, la distance entre 2 réservoirs est de 0.7* le plus gros diamètre.

Le guide canadien fait des recommandations pour les stockages nouveaux et anciens. Elles sont reprises ici :

« Il est recommandé que les nouveaux stockages soient construits au moins à 1,5 km des limites d'une commune.

Pour les stockages existants et qui se trouveraient à moins d'un kilomètre des limites d'une commune, le programme suivant devrait être mis en place :

- Réunion annuelle avec la population pour revoir le plan d'urgence et expliquer comment y participer ;
- Réunion annuelle avec le département incendie et visionnage de la vidéo « prévenir et agir en cas de fuite d'ammoniac »
- Réunion biannuelle d'une demi-journée à une journée avec les sapeurs pompiers sur la méthode de confinement d'un nuage d'ammoniac avec des démonstrations en réel, une visite des installations, visite des vannes de sécurité et des voies de secours, etc.
- Rencontre annuelle avec le maire de la commune pour discuter des plans d'urgence
- Entraînement du personnel et révision du plan d'urgence et des procédures en avril et en septembre
- Inspection quotidienne (cf. annexe).

Les stockages d'ammoniac doivent être situés à plus de 50 mètres des zones naturelles sensibles, du type : rivière, lacs.

Ils doivent être situés sous le vent des zones résidentielles.

Le stockage doit pouvoir être accédé par deux côtés en empruntant des voies d'urgence de 10 mètres de large ».

Dans la norme AS/NZS 2022 (Section 3), figure le tableau repris ci-dessous :

Volume V du réservoir (m ³)	Distances minimales à partir du réservoir (mètres)		
	Autoroute, voie ferrée, réserve d'eau potable	Rassemblement du public, résidentielles, entreprises	Institution, hôpital et établissement similaires
$2 < V \leq 7$	15	60	90
$7 < V \leq 100$	15	120	180
$100 < V \leq 400$	15	150	240
$400 < V$	15	180	300

Dans la norme ANSI K61.1⁷ :

- Distance de sécurité par rapport aux bâtiments publics : de 45 m à 180 m pour des stockages qui vont de 2 m³ à plus de 400 m³.
- Distance de sécurité par rapport aux hôpitaux et prison : de 75 m à 300 m (en fonction de la quantité stockée).
- Distance de sécurité par rapport aux autoroutes : 15 m, pour le stockage de 2 m³ à plus de 400 m³ et 30m par rapport aux grandes lignes de chemin de fer

Dans le guide HS(G) 30 :

- Pour les stockages semi-réfrigérés : Les sphères doivent être situées le plus loin possible des aires résidentielles, des immeubles, routes, voies ferrées et aéroports, en tenant compte de la direction du vent ». De plus elles ne peuvent pas être installées à moins de 25m des routes et voies ferrées à grand trafic.
- Pour les stockages à température ambiante de capacité inférieure à 100 tonnes : éloignement de 250 m des résidences et des immeubles publics. La distance est de 500 m pour les stockages de capacité supérieure à 100 tonnes.

⁷ ANSI K61.1, p. 12

9.3.3 LE SURREMPLISSAGE

Check-list NH3	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	EFMA	UNIFA	NF EN 14620	AS/NZS 2022	ANSI K61.1	HS(G) 30	BREF
<p>Tous :</p> <p>1 jauge de niveau</p> <p>1 alarme de niveau avec arrêt automatique des pompes et fermeture des vannes</p>	<p>Capteurs de niveaux indépendants, avec deux seuils d'alerte déterminés : le premier gère l'introduction du remplissage, et le second l'arrêt du déchargement lorsqu'un pourcentage déterminé de la capacité du réservoir est atteint.</p>	<p>Tous :</p> <p>Alarme et sécurité de niveau / fermeture des alimentations</p> <p>Action de contrôle dans la procédure de remplissage ou asservissement</p>	<p>Mesure de niveau dans le réservoir et dispositif déclenchant une alarme en cas de dépassement du niveau maximal prévu</p>			<p>Stockage⁸ cryogénique :</p> <p>Au moins deux indicateurs de niveaux de haute précision et indépendants.</p> <p>Dispositif d'alarme de niveau haut</p> <p>Dispositif d'alarme de niveau très haut.</p> <p>Dispositif d'arrêt.</p>	<p>1 mesure de niveau fixe et une mesure de niveau mobile (section 3)</p>	<p>Tous :</p> <p>1 mesure de niveau et 1 indicateur de niveau haut⁹.</p> <p>La limite de remplissage est fixée à 85%¹⁰.</p> <p>Stockage réfrigéré :</p> <p>1 mesure de niveau et 1 alarme</p>	<p>Stockage réfrigéré :</p> <p>2 mesures de niveaux indépendantes et 1 alarme de niveau</p> <p>Stockage sous pression :</p> <p>au moins 1 indicateur de niveau</p>	<p>1 alarme de niveau entraînant la fermeture d'une vanne automatique</p> <p>Réservoirs équipés de deux détecteurs de niveaux indépendants chacun ayant un niveau d'alarme</p>

⁸ NF EN 14620, p. 20

⁹ ANSI K61.1, p. 24

¹⁰ ANSI K61.1, p. 22

9.3.4 LA DEPRESSION – LA SURPRESSION

La mise en dépression d'un réservoir (voir tableau ci-dessous) peut résulter a priori :

- d'un refroidissement excessif (pour les stockages cryogéniques et les stockages semi-refrigérés) suite au dysfonctionnement de la réfrigération¹¹,
- (du fonctionnement d'un système de vidange de la phase liquide ou) de l'aspiration de la phase gazeuse,
- de l'abaissement de la pression atmosphérique,
- de l'introduction d'eau dans le réservoir¹².

Check-list NH3	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	EFMA réservoir	UNIFA	NF EN 14620	AS/NZS 2022	ANSI K61.1	HS(G) 30	BREF
Enceinte résistant au vide		Stockage réfrigéré : Soupape casse-vidé				Stockage¹³ cryogénique : Nombre de dispositifs casse-vidé doit être calculé sur la base du débit total spécifié à l'admission. Un dispositif supplémentaire requis pour la maintenance.	Stockage réfrigéré : Présence d'un casse-vidé Du gaz ammoniac, de l'azote ou un autre gaz inerte peut être introduit en cas de dépression.	Stockage réfrigéré : Dispositif casse-vidé ¹⁴ . Stockage sous pression Chaque réservoir doit être équipé d'au moins un indicateur de niveau	Stockage réfrigéré : Vanne casse-vidé pour les sphères	Enceinte résistant au vide

¹¹ Rapport IPSN, p. 40-41

¹² Check-list ammoniac, p. 55

¹³ NF EN 14620, p. 21

¹⁴ ANSI K61.1, p. 32

La surpression interne du réservoir (voir tableau ci-dessous) peut résulter de nombreuses causes, et notamment de l'introduction d'ammoniac chaud¹⁵, d'une fuite entre les deux enceintes des réservoirs cryogéniques, d'une surpression hydraulique due au réchauffement de l'ammoniac liquide, d'un phénomène de roll-over (cf accidentologie) ou de méconnaissance du principe de montage et fonctionnement des soupapes (cf. ARIA 454 – 23/12/1993).

Check-list NH3	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	EFMA	UNIFA	NF EN 14620	AS/NZS 2022	ANSI K61.1	HS(G) 30	BREF
Soupape de sécurité	Disque de rupture Soupapes de sécurité montées en parallèle	Tous : Soupape de sécurité Détection et alarme et sécurité de sécurité de pression / fermeture des alimentations Détection et refroidissement (lance incendie)	Stockage réfrigéré : Soupapes ou disques de rupture Stockage sous pression : Soupapes de sécurité		Soupape de sécurité (renvoi à l'API 620)	Stockage¹⁶ cryogénique : Nombre de soupapes doit être calculé sur la base du débit total spécifié à l'admission. Une soupape supplémentaire requis pour la maintenance. Au minimum : instruments de détection de pressions trop élevée et trop basse. Les systèmes doivent fonctionner de manière indépendante du système de mesure de la pression normale	Tous : Au moins une soupape de sécurité Stockage réfrigéré : Les soupapes doivent être dimensionnées pour le cas feu et pour le cas de mise en défaut de la réfrigération	Tous¹⁷ : Au moins une soupape de sécurité par réservoir. La soupape doit être dimensionnée pour le cas feu. Rejet de la soupape à l'air libre ou connecté à un dispositif de récupération et de traitement ou à une torchère Stockage réfrigéré : La soupape doit être dimensionnée en plus pour le cas de mise en défaut de la réfrigération.	Stockage réfrigéré : 2 soupapes au minimum. Stockage sous pression : le rejet des soupapes doit être au minimum de 5 mètres > au point le plus haut du réservoir	Soupape de sécurité

¹⁵ GT NH3, nœuds papillons

¹⁶ NF EN 14620, p. 21

¹⁷ ANSI K61.1, p. 17

9.3.5 LA PREVENTION DE LA CORROSION ET LES INSPECTIONS

La maîtrise des plans d'inspections et de la prévention de la corrosion est traitée dans de nombreux documents, comme le révèle tableau ci-dessous :

Check-list NH3	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	EFMA	UNIFA	NF EN 14620	AS/NZS 2022	ANSI K61.1	HS(G) 30	BREF
<p>Tous :</p> <p>Matériau résistant à la corrosion</p> <p>Peinture anti-corrosion</p> <p>Matériau de construction de l'enceinte non sensible au SCC</p> <p>Programme de mesure périodique de l'oxygène</p> <p>Présence d'au moins 0,2% d'eau en poids</p>		<p>Tous :</p> <p>Matériau résistant à la corrosion</p> <p>Inspection périodique de l'enceinte</p> <p>Peinture anti-corrosion</p>		<p>Stockage cryogénique :</p> <p>Inspection périodique de l'enceinte</p> <p>Matériau de construction de l'enceinte non sensible au SCC</p> <p>Programme de mesure périodique de l'oxygène</p> <p>Présence d'au moins 0,2% d'eau en poids</p>	<p>Stockage cryogénique :</p> <p>Matériau résistant à la corrosion</p> <p>Contrôle par ultra sons</p> <p>Programme de mesure périodique de l'oxygène</p>		<p>Programme d'inspection basé sur une approche RBI (annexe C)</p> <p>Matériau de construction de l'enceinte non sensible au SCC</p> <p>Présence d'au moins 0,2% d'eau en poids</p>	<p>Couche de protection efficace</p> <p>Protection cathodique</p> <p>Isolation électrique du réservoir et de ces équipements auxiliaires</p>	<p>Inspection périodique de l'enceinte</p> <p>Programme de mesure périodique de l'oxygène</p> <p>Présence d'au moins 0,2% d'eau en poids</p>	<p>Inspection périodique de l'enceinte</p>

9.3.6 LA REFRIGERATION

Le dysfonctionnement du système de réfrigération est souvent pris en compte dans les documents consultés. L'IPSN souligne par ailleurs les conséquences d'un tel dysfonctionnement pour les stockages cryogéniques.

« *Le refroidissement excessif d'un stockage cryogénique pourrait, en l'absence de sécurité et de dispositifs de protection contre les dépressions, conduire à un endommagement du réservoir par mise en dépression* »¹⁸. De plus, en cas de fonctionnement des soupapes casse-vide, de l'air rentrerait dans le système de réfrigération.

Check-list NH3	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	EFMA	UNIFA	NF EN 14620	AS/NZS 2022	ANSI K61.1	HS(G) 30	BREF
<p>La réfrigération doit être sécurisée.</p> <p>Le compresseur doit être connecté à un réseau de secours ou à un groupe électrogène de secours.</p>		<p>Entretien préventif garantissant la disponibilité ou redondance</p> <p>Source d'alimentation doublée / groupe électrogène de secours</p>					<p>La réfrigération doit être secourue en cas de perte d'énergie sauf si présence d'un scrubber et/ou d'une torchère.</p> <p>Deux compresseurs doivent être fournis pour chaque système de réfrigération. Les compresseurs doivent disposer de leur propre système d'alimentation.</p>	<p>Les compresseurs doivent être au nombre de deux minimum et connectés à un réseau de secours¹⁹.</p> <p>Les pompes et les compresseurs doivent être conçus pour l'ammoniac</p>		<p>La réfrigération doit être sécurisée.</p> <p>Le compresseur doit être connecté à un réseau de secours ou à un groupe électrogène de secours.</p>

¹⁸ Rapport IPSN, p. 41

¹⁹ ANSI K61.1, p. 32

9.3.7 LA DETECTION ET LA LIMITATION DE LA FUITE

Des clapets anti-retour sont souvent recommandés, de même que des limiteurs de débit qui se ferment en cas de débit excessif. Les vannes de sécurité sont souvent citées.

Check-list NH3	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	EFMA	UNIFA	NF EN 14620	AS/NZS 2022	ANSI K61.1	HS(G) 30	BREF
<p>Vannes d'arrêt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sur les connexions sous le niveau du liquide: 2 vannes en série dont l'une au moins peut être commandée à distance - Pour les connexions dans la phase gazeuse : 1 vanne pouvant être commandée à distance - Pour les tuyauteries de liquide connectées via des tubes plongeurs: 1 vanne pouvant être commandée à distance <p>Activation 1) par l'arrêt</p>	Vannes d'isolement	Détection et intervention pour limiter la fuite	<p>Vannes de sécurité fermées en cas d'accident (normalement à sécurité positive)</p> <p>Vannes situées au plus près de la paroi du réservoir.</p>			<p>Stockage cryogénique :</p> <p>Il convient, de préférence, de faire passer toutes les lignes d'entrée sortie par le toit du réservoir. En cas d'entrées sorties par le bas, il faut installer une vanne d'arrêt interne commandée à distance ou la ligne de raccordement par le bas doit être conçue de manière à faire partie intégrante de la cuve primaire.²⁰</p>	<p>Stockage réfrigéré :</p> <p>Vanne à sécurité positive actionnable à distance sur toutes les canalisations arrivant sous le niveau de liquide</p>	<p>Tous :</p> <p>Toutes les connexions (autres que les piquages pour les soupapes de sécurité) doivent être équipées de vannes d'arrêt²¹.</p> <p>Stockage réfrigéré :</p> <p>Des vannes de sécurité actionnables à distance doivent être installées sur toutes les connexions situées en dessous du niveau max. de liquide.</p>	<p>Stockages réfrigérés et sous pression :</p> <p>Vannes à sécurité positive actionnables à distance</p>	Vanne d'arrêt automatique actionné par une alarme de très haut

²⁰ NF EN 14620-1, p.18

²¹ ANSI K61.1, p. 14

Check-list NH3	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	EFMA	UNIFA	NF EN 14620	AS/NZS 2022	ANSI K61.1	HS(G) 30	BREF
d'urgence au (dé)chargement & par l'arrêt d'urgence en salle de contrôle (ou tout autre local occupé en permanence) 2) par la détection de gaz L'activation du système d'isolation active automatiquement l'arrêt des pompes et des compresseurs.										
Limiteur de débit sur les tuyauteries avec des flux sortants	Détecteur de débit bas, détecteur de pression basse sur la ligne d'utilisation avec arrêt automatique des vannes d'isolement		Clapet limiteur de débit (ces clapets se ferment en cas de débit excessif et restent fermés tant qu'ils subissent la pression du liquide). Clapet placé au plus près ou à l'intérieur du réservoir.				Vannes d'arrêt sur tous les piquages avec fermeture automatique si excès de débit ²²	Tous : Vannes d'arrêt sur tous les piquages avec fermeture automatique si excès de débit		
Clapet anti-retour sur les tuyauteries avec	Clapet anti-retour sur les	Clapet anti-retour sur les	Clapets anti-retour pour les tuyauteries				Stockage réfrigéré :	Tous : Clapet anti-		

²² A l'exception des stockages réfrigérés d'une pression de conception inférieure à 20 kPa.

Check-list NH3	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	EFMA	UNIFA	NF EN 14620	AS/NZS 2022	ANSI K61.1	HS(G) 30	BREF
flux entrants	canalisations	tuyauteries	véhiculant de l'ammoniac vers un stockage Clapet placé au plus près ou à l'intérieur du réservoir.				Clapet anti-retour sur les canalisations d'alimentation	retour sur les tuyauteries		
Détecteurs gaz avec une fermeture des vannes de sécurité	Détecteurs d'ammoniac avec deux seuils : 1 ^{er} seuil : alarme sonore 2 ^{ème} seuil : isolement des installations			Stockage cryogénique : Mise en place de détecteurs autour des stockages cryogéniques.		Stockage cryogénique : Détection de fuites de la cuve primaire ²³ La détection incendie et gaz doit être envisagée à proximité du collecteur.				

Seul l'EFMA recommande la mise en place de détecteurs autour des stockages cryogéniques.

²³ NF EN 14620-1, p. 21 (la détection peut être fondée sur la chute de température, détection gaz ou mesure de pression différentielle).

9.3.8 LA PREVENTION DE LA SOURCE D'IGNITION ET MOYENS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE AUTOUR DES INSTALLATIONS D'AMMONIAC

Check-list NH3	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	EFMA	UNIFA	NF EN 14620	AS/NZS 2022	ANSI K61.1	HS(G) 30	BREF
<p>Pas de stockage de matériaux combustibles dans le voisinage des réservoirs minimum 3m</p> <p>Inspection périodique de l'absence de matériaux combustibles</p> <p>Détection de feu</p>	<p>Couronne d'aspersion d'eau autour du réservoir ou arrosage par les pompiers</p>	<p>Pas de matière combustible à moins de 30m du réservoir</p>				<p>Stockage cryogénique :</p> <p>Système de détection d'incendie et de gaz²⁴</p>	<p>Tous :</p> <p>Détection de feu, RIA, sprinkler²⁵</p>			

La norme AS/NZS 2022 traite des questions relatives au management des situations d'urgence et de la sécurité incendie.

²⁴ NF EN 14620-1, p. 20

²⁵ AS / NZS 2022, section 9

9.3.9 LA PROTECTION CONTRE LES CHOCS

Check-list NH3	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	EFMA	UNIFA	NF EN 14620	AS/NZS 2022	ANSI K61.1	HS(G) 30	BREF
Limitation de vitesse		Limitation de vitesse								
Rails de sécurité	La construction de murets ou de merlons, par exemple, permet d'assurer une protection physique des capacités, des canalisations et des vannes pouvant être heurtées, contre un choc mécanique. Elle peut également permettre d'éviter un effet de vague éventuel.	Protection contre les chocs					<p>Stockage sous pression :</p> <p>Le réservoir doit être protégé des manœuvres des véhicules.</p>	Barrières de sécurité	Barrières de sécurité	

9.3.10 LES MESURES DE PROTECTION

Les cuvettes de rétention, les rideaux d'eau, ou encore la possibilité d'éliminer les gaz collectés

Check-list NH3	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	EFMA	UNIFA	NF EN 14620	AS/NZS 2022	ANSI K61.1	HS(G) 30	BREF
Dispositif de recueil de l'ammoniac liquide	<p>Fosse en béton, calorifugée et ignifugée, résistant au risque sismique d'une classe déterminée et qui peut faire office de cuvette de rétention. La cuvette doit être conçue de manière à pouvoir contenir le maximum d'ammoniac liquide.</p> <p>Dispositif de collecte de purge pour collecter les petites fuites.</p>	<p>Ammoniac liquéfié sous pression :</p> <p>Cuvette de rétention</p>	Cuvette de rétention			<p>Stockage cryogénique :</p> <p>Un réservoir à simple intégrité doit être conçu avec un mur de rétention. Les dimensions de la zone de rétention doivent permettre le stockage de l'intégralité du contenu du réservoir.²⁶</p>		<p>Stockage réfrigéré :</p> <p>cuvette de rétention ou drainage ou dispositif de confinement secondaire</p> <p>Si cuvette de rétention : capacité de 110% de la capacité du réservoir et murs d'au moins 0,6m de large²⁷</p>	<p>Stockage réfrigéré :</p> <p>Une cuvette de rétention d'au moins 1 mètre de haut doit être installée et doit pouvoir contenir au moins 20 % de la contenance de la sphère</p> <p>Stockage sous pression :</p> <p>Pas de cuvette mais il est recommandé une pente en dessous du réservoir</p>	

²⁶ NF EN 14620-1, p. 19

²⁷ ANSI K61.1, p. 28

Check-list NH3	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH3	Rapport IPSN	EFMA	UNIFA	NF EN 14620	AS/NZS 2022	ANSI K61.1	HS(G) 30	BREF
Rideau d'eau / brouillards d'eau	Dispositif de cabanage associé à des rideaux d'eau	Rideau d'eau / dispositif de recondensation	Rideaux d'eau					Rideau d'eau / brouillards d'eau ²⁸		
Dispositif de décharge vers une torchère par exemple			Brulage des gaz (aux USA notamment)							Dispositif de décharge vers une torchère par exemple

A noter que la norme américaine ANSI K61.1 prévoit qu'en cas de perte de confinement du stockage, le voisinage doit être évacué à une distance minimale de 610 mètres dans toutes les directions.

²⁸ Il est indiqué au paragraphe 4.4.1 de la norme ANSI K61.1 que « *de petites quantités d'ammoniac fuyant d'un réservoir peuvent être collectées et dirigées dans un récipient contenant au moins 4 litres d'eau pour 0,5 kg d'ammoniac* ».

9.3.11 D'AUTRES MESURES

La rupture d'un réservoir peut être liée à trois natures de causes :

- un défaut de conception de l'enveloppe ou la perte de ses propriétés mécaniques ou d'isolation thermique,
- la sollicitation anormale de l'enveloppe (surpression, dépression, refroidissement excessif, roll-over, etc.),
- une agression externe : explosion, impact d'un projectile, défaillance de supportages, collision par un véhicule, etc.

Les documents abordent, comme nous l'avons vu, les points relatifs au choix des nuances d'acier et des soudures, les contrôles métallurgiques.

Ils abordent également souvent les questions relatives à la défaillance des supportages et à l'importance de leur dimensionnement et de leur inspection.

9.4 COMPARAISON DES PRESCRIPTIONS CONCERNANT LE POSTE DE DEPOTAGE

9.4.1 LES DISTANCES DE SECURITE

Les guides abordent de façon inégale la question de l'implantation des réservoirs.

Dans la check-list ammoniac :

- Distance de sécurité par rapport au réseau public 15 m,
- Distance de sécurité du poste de dépotage par rapport aux routes internes 10m et à 2.5 m des routes si le lieu de déchargement est protégé contre les collisions.

Pour le poste de dépotage bateau, la distance au réseau public routier ou ferroviaire est de 25 m.

Dans le BREF NH3 :

- Durant les opérations de dépotage, une distance de sécurité doit toujours être maintenue avec les autres bateaux (par exemple 30 mètres).

Dans le guide EFMA wagon :

- Une distance forfaitaire de 15 m doit être respectée entre la zone de déchargement et les bâtiments, équipements ou réservoirs pouvant contenir des substances inflammables ou explosives. En cas de proximité d'opération de dépotage de substances inflammables, cette distance passe à 25 m.
- Dans les 5 mètres autour de la zone, il ne doit pas y avoir de systèmes de drainage, d'ouverture dans les bâtiments ou de point de captage d'air.

9.4.2 PREVENTION DES AGRESSIONS EXTERNES

Check-list NH ₃	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH ₃	Rapport IPSN	AS/NZS 2022	BREF	EFMA WAGON
<p>Panneau au niveau du lieu de déchargement : Attention ammoniac +indication des dangers de l'ammoniac</p> <p><u>Camion citerne</u></p> <p>Pas de trafic interne à hauteur du lieu de déchargement</p> <p>Zone de déchargement clôturée avec interlock</p> <p><u>Wagon citerne</u></p> <p>Voie de déchargement indépendante des autres voies</p> <p>Interdiction de se ranger sur la voie pendant les activités de déchargement</p> <p>Isoler la voie en aval et en amont du wagon</p> <p>Limitation de la vitesse du trafic ferroviaire durant le chargement</p>		<p>Barrière d'accès au poste de dépotage</p>	<p><u>Protection contre les collisions :</u></p> <p>Règles de circulations sur le site (vitesse et accompagnement)</p> <p>Emplacement des postes de remplissage ou de dépotage des citernes à l'abri de la circulation de l'usine</p> <p>Mise en place de murs forts ou glissières de protection</p> <p><u>Wagon citerne</u></p> <p>Verrouillage des aiguillages (mise en place de dérailleur, raccordement à la voie ferrée hors du site imposant une entrée dans celui-ci en marche arrière, des barrières, des taquets d'arrêt verrouillés)</p> <p><u>Bateau</u></p> <p>Eloignement des appontements par rapport aux chenaux de navigation</p>	<p>Dispositifs de protection (rails de sécurité, bloc de béton etc.)</p>		<p>Voie ferrée différente de la voie normale de circulation des trains</p> <p>Système d'asservissement sur la voie ferrée pour permettre d'empêcher les autres trains de rentrer dans la zone de déchargement</p>

9.4.3 PREVENTION DES RISQUES D'ARRACHEMENT

9.4.3.1 POUR LE DEPOTAGE CAMION

Check-list NH ₃	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH ₃	Rapport IPSN	AS/NZS 2022	BREF	EFMA WAGON
Eviter les flexibles Présence obligatoire d'un opérateur	Mise en place de cales Les bras de raccordement peuvent offrir la possibilité d'une rupture préférentielle asservie à in un isolement de la fuite Dispositif anti-arrachement sur le bras	Procédure de manœuvre de raccordement d'un camion et procédure de dépotage (vigilance et surveillance) / Freins serrés, roues calées Boitier de rupture Contrôle intégré au plan d'inspection et action corrective	Calage des roues Serrage des freins Utilisation d'un bras de déchargement plutôt qu'un flexible Diamètre intérieur du flexible < à 50 mm	Dispositifs anti-arrachement en cas de déplacement du camion	Les bras de (dé)chargement devraient être équipés de déconnecteurs à sec.	

9.4.3.2 POUR LE DEPOTAGE WAGON

Check-list NH ₃	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH ₃	Rapport IPSN	AS/NZS 2022	BREF	EFMA WAGON
Eviter les flexibles Présence obligatoire d'un opérateur	Les bras de raccordement peuvent offrir la possibilité d'une rupture préférentielle asservie à un isolement de la fuite Dispositif anti-arrachement sur le bras	Procédure de manœuvre de raccordement d'un wagon et procédure de dépotage (vigilance et surveillance) / Freins serrés, roues calées Boitier de rupture Taquet dérailleur Désactivation (condamnation électrique) du traine-wagons Contrôle intégré au plan d'inspection et action corrective	Isolement de la voie utilisée Utilisation d'un bras de déchargement plutôt qu'un flexible Diamètre intérieur du flexible < à 50 mm		Les bras de (dé)chargement devraient être équipés de déconnecteurs à sec.	Zone de déchargement plane et horizontale Voie spécifique pour le déchargement Des précautions doivent être prises pour prévenir le déplacement du wagon pendant son déchargement. Des dispositifs de sécurité doivent permettre d'arrêter le déchargement en cas de déplacement du wagon Dispositif de calage Bras de déchargement

9.4.3.3 POUR LE DEPOTAGE BATEAU

Check-list NH ₃	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH ₃	Rapport IPSN	AS/NZS 2022	BREF	EFMA WAGON
<p>Eviter les flexibles</p> <p>Présence obligatoire d'un opérateur</p> <p>Ancrage solide du bateau</p>		<p>Règles de navigation et d'accostage, amarrage renforcé, Duc d'Albe</p> <p>Boitier de rupture (PERC)</p> <p>Procédure de mise ne froid et contrôle pour éviter un choc thermique</p> <p>Contrôle intégré au plan d'inspection et action corrective</p>	<p>Amarrage correct</p> <p>Equipement de systèmes de sécurité provoquant un arrêt d'urgence du transfert et une déconnexion automatique</p> <p>Utilisation d'un bras de déchargement plutôt qu'un flexible</p> <p>Diamètre intérieur du flexible < à 50 mm</p>	Amarrage	Les bras de (dé)chargement devraient être équipés de « dry break coupling »	

9.4.4 PREVENTION DES RISQUES D'INCENDIE

Check-list NH ₃	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH ₃	Rapport IPSN	AS/NZS 2022	BREF	EFMA WAGON
<p>Mise à la terre de l'installation</p> <p>Interdiction de feu</p> <p>Placer des liaisons équipotentielles</p> <p>Installation ATEX</p>			Interdiction de fumer			

9.4.5 LES MESURES DE PROTECTION (CUVETTE, RIDEAUX D'EAU, ETC.)

Check-list NH ₃	Rapport INERIS 2002	Guide GT NH ₃	Rapport IPSN	AS/NZS 2022	BREF	EFMA WAGON
Encuvement étanche ou sol en pente vers une cuve de recueil	Rideau de chaque côté du wagon. Mise en place d'un dispositif de cabanage	Rideau d'eau / Dispositif de recondensation / semi-confinement Camion et wagon : Mise en sécurité par fermeture du clapet de fond de la citerne sur détection gaz et fermeture des vannes de lignes Bateau : Mise en sécurité par fermeture du système d'alimentation et fermeture des vannes des lignes.	Poste de chargement ou déchargement de camion citerne équipé de dispositifs de rétention Poste de chargement ou déchargement de wagon équipé de cuvette			Rideau d'eau comprenant : Une connexion sécurisée au système d'alimentation en eau Un Dispositif de collecte des eaux usées Zone de déchargement et ses équipements doivent être conformes aux réglementations ATEX Détection gaz Système de collecte des déversements Semi confinement dynamique

9.4.6 OU TROUVER L'INFORMATION LA PLUS PERTINENTE ?

L'exercice de la détermination du document le plus pertinent sur tel ou tel aspect est difficile, car, nous l'avons vu, tous les documents présentent des avantages et des limites. Ce tableau a toutefois le mérite de tenter une première approche de « compilation » des meilleurs éléments.

Systeme	Fonction de sécurité	Information la plus pertinente trouvée dans le document suivant
Stockage	Prévention du surremplissage	Tous les documents consultés présentent des dispositifs équivalents : mesure de niveau, alarmes
	Prévention de la mise en dépression du réservoir	Normes NF EN 14620 et ANSI K61.1 recommandent la mise en place d'un dispositif casse vide pour les stockages réfrigérés.
	Prévention de la mise en surpression du réservoir	Normes NF EN 14620 et ANSI K61.1. Cette dernière recommande le dimensionnement de la soupape pour le cas de mise en défaut de la réfrigération.
	Prévention de la corrosion	Recommandations issues de syndicats européens (EFMA) et français (UNIFA) Document du HSE (HS(G) 30)
	Réfrigération des réservoirs	Le Guide GT NH3, la norme australienne AS/NZS 2022 et la norme américaine ANSI K61.1
	Détection et des moyens de limitation du temps de fuite	Pour les vannes d'arrêt : le document HS(G) 30 et les normes NF EN 14620 et ANSI K61.1 Pour les clapets anti-retour : ANSI K61.1 Pour les détecteurs : check-list ammoniac
	Prévention de l'incendie	La norme australienne AS/NZS 2022
	Protection contre les chocs	La norme ANSI K61.1
	Autres mesures de protections	A voir plutôt côté guides : check-list ammoniac par exemple
	Dépotage	Prévention des agressions externes
Prévention des risques d'arrachement		La majorité des documents conseille l'utilisation des boîtiers de rupture.
Les mesures de protection		Le guide EFMA est particulièrement développé sur ces aspects.

Tableau 7 : Source de l'information la plus pertinente

10. CONCLUSION

« L'ammoniac a contribué à la révolution de l'industrie chimique en ouvrant la voie à une technologie nouvelle : celle des opérations sous pressions. Il constitue maintenant l'un des produits chimiques dont le tonnage de production est très important, car, avec l'ammoniac, la chimie offre à l'homme l'une de ces possibilités étonnantes dont il peut se servir pour le bien ou le mal : constituant et matière première de la plupart des engrais azotés, il sert également à fabriquer l'acide nitrique, lui-même utilisé dans la fabrication de la plupart des explosifs ». Ce paragraphe, issu de l'encyclopédie Universalis, illustre fort à propos la place qu'occupe cette substance dans l'industrie.

Les premières industries qui ont produit de l'ammoniac datent des années 1920. Dès 1955, des ingénieurs se sont associés au sein de l'AIChE pour communiquer dans le cadre de symposiums sur la sécurité des installations.

L'ammoniac est un gaz aux conditions normales de température et de pression et il peut être stocké sous forme liquide soit en augmentant sa pression, soit en baissant sa température. L'ammoniac anhydre est stocké comme un liquide sous une de ces trois formes :

- le stockage cryogénique, donc entièrement réfrigéré, dans lequel l'ammoniac est maintenu à la pression atmosphérique et à une température de -33°C ;
- le stockage semi-réfrigéré combine à la fois l'application d'une pression et l'utilisation de la réfrigération pour prévenir l'évaporation de l'ammoniac.
- le stockage non réfrigéré ou pressurisé c'est-à-dire maintenu à température ambiante.

Quel que soit le moyen de stocker l'ammoniac, la construction, la conception des réservoirs et le système de réfrigération contribuent à rendre les situations de fuite peu fréquentes. Cependant une accidentologie existe et un accident majeur marque encore les esprits des industriels. Il s'agit de l'accident survenu en Lituanie le 20 mars 1989 Jonova, marqué par la fuite de 7000 tonnes d'ammoniac faisant 7 victimes et 57 blessés.

Le chargement ou déchargement peut être réalisé depuis un camion citerne, un wagon ou encore un bateau.

Seize documents ont été identifiés et sélectionnés comme étant les plus pertinents pour faire connaître les bonnes pratiques en matière de sécurité pour le stockage et le dépotage de l'ammoniac. Ce sont des guides professionnels, des normes ou d'autres documents de référence, le plus souvent en anglais. Ces documents ne semblent pas avoir de lien avec l'accidentologie du domaine.

A la lecture des différents documents, il apparaît une approche globale et commune dans les pratiques de conception : les vannes de sectionnement sont très souvent prescrites, de même que la sécurisation de la réfrigération. Tous les stockages doivent être équipés de deux niveaux indépendants et équipés d'une voire deux soupapes. Des soupapes casse-vide sont prescrites pour les stockages réfrigérés et cryogéniques.

La prévention de la corrosion est souvent traitée dans la majorité des guides ou des normes. Les problèmes spécifiques à la corrosion fissurante sous tension (SCC en anglais) qui sont bien connus depuis le début des années 1980, sont intégrés à la majorité des documents.

Certains documents abordent des aspects de protection en cas de perte de confinement. Les documents laissent le choix entre une deuxième enveloppe (comme dans le cas des réservoirs cryogéniques), ou l'installation d'une rétention. Cette dernière apparaît comme pouvant protéger les réservoirs et comme pouvant limiter l'évaporation. Rarement les normes prescrivent la mise en place de détecteurs autour de stockages.

En ce qui concerne les recommandations pour les opérations de dépotage, la majorité des guides traite des moyens permettant d'éviter l'arrachement de la connexion : calage de la citerne, installation de rails de sécurité à proximité de la zone de dépotage, etc. L'utilisation de bras rigide est souvent préférée à celle des flexibles car il permet en effet d'installer un dispositif de déconnexion.

Le guide EFMA pour les wagons revient en détail sur les moyens de limiter la dispersion d'ammoniac à l'extérieur : rideau d'eau ou semi-confinement dynamique.

Les deux documents qui se détachent des autres pour leur caractère pratique pour le stockage, sont :

- le document du HSE (HS(G) 30), parce qu'il couvre deux types de stockage et qu'il donne des prescriptions de prévention et de protection,
- la norme européenne NF EN 14620 sur les stockages cryogéniques.

S'il fallait rajouter un troisième document, on retiendrait la norme australienne / néozélandaise AS / NZS 2022.

Quelques guides abordent les aspects pratiques pour les industriels et pour les autorités, qui peuvent ainsi fournir des éléments pour les inspections quotidiennes ou annuelles ou encore servir de base lors des analyses de risques. C'est le cas notamment du document belge intitulé « check-list ammoniac », du guide européen EFMA, du guide canadien et du document de l'IPSN sur l'évaluation de la sûreté des stockages d'ammoniac.

Nous sommes conscients que malgré tous nos efforts pour viser l'exhaustivité, notre sélection de documents pourrait être complétée et mise à jour. Nous invitons tous les lecteurs à devenir des contributeurs pour que ce travail reste utile et actualisé.

11. BIBLIOGRAPHIE

Renvoi dans le rapport	Références
Check-list NH3	SPF Emploi, travail et concertation sociale, Direction générale du contrôle du bien-être au travail, division du contrôle des risques chimiques, <i>Check-list ammoniac</i> , version 2.0, janvier 2006
Rapport INERIS 2002	INERIS (Patricia KUKUCZKA), Synthèse sur les barrières techniques de sécurité disponibles en matière de prévention des accidents. Première partie : ammoniac, Octobre 2002
Rapport IPSN	IPSN (D. Fulleringer), Evaluation de la sûreté des installations utilisant de l'ammoniac, 2000
Guide GT NH3	
EFMA	EFMA, Guidance for inspection of atmospheric, refrigerated ammonia storage tanks, 2008
EFMA Wagon	EFMA, Guidance for transporting ammonia by rail
UNIFA	Contrôle technique par l'exploitant des réservoirs cryogéniques d'ammoniac Guide de bonnes pratiques
AS/NZS 2022	Australian/New Zealand Standard Anhydrous ammonia - Storage and handling, 2003
ANSI K61.1	American national standard safety requirements for the storage and handling of anhydrous ammonia, 1999
HS(G) 30	Storage of anhydrous ammonia under pressure in the UK: spherical and cylindrical vessels, 1986
BREF	Document de référence sur les meilleures techniques disponibles pour la fabrication de produits chimiques inorganiques en grands volumes (ammoniac, acides et engrais)
Guide Canadien	Guide de l'industrie canadienne pour le stockage et la manipulation des engrais, 2001
NF EN 14620	AFNOR, Conception et fabrication de réservoirs en acier à fond plat, verticaux, cylindriques, construits sur site, destinés au stockage des gaz réfrigérés, liquéfiés, dont les températures de service sont comprises entre 0°C et -165°C partie 2 et 5, décembre 2006
API 620	Design and construction of large, welded, low-pressure storage tanks, 1997
Lees	FP LEES, Loss prevention in the process industries 3 volumes - Hazard identification, assessment and control, 2001

12. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Résumé de trois accidents	2
Annexe 2	Plan du guide PGS 12	5
Annexe 3	Fiches présentant les documents consultés	39
Annexe 4	Fiche d'inspection extraite du guide canadien	2
Annexe 5	Fiche d'inspection extraite du guide wallon	2

Annexe 1 :

**Résumé de trois accidents (source
ARIA)**

Mars 1989 à Jonova en Lituanie

« Dans une usine d'engrais en service depuis 1969 et située à 12 km d'une ville de 40 000 habitants, un réservoir d'ammoniac (NH₃) cryogénique de 10 000 t rempli à 70 % monte en pression et éclate à sa base. La vague qui s'échappe de la brèche béante désolidarise le réservoir de son socle. Poussé dans le sens opposé, il détruit le mur de protection en béton armé puis est propulsé à 40 m de ses fondations. Le jet d'NH₃ liquide alimente une flaque qui atteint 70 cm de hauteur, se propage sur le site et mettra 12 h à s'évaporer. Les vapeurs générées s'enflamment sur une torche. Le feu gagne les stocks de 55 kt de NPK dont la décomposition thermique durera 3 jours. Le nuage toxique (NH₃, NO_x) contamine une zone de 400 km². Officiellement, 7 morts et 57 blessés sont à déplorer parmi le personnel d'exploitation de l'unité et des sociétés de construction travaillant à proximité de la zone accidentée. Les autorités municipales font évacuer les zones à risques dès lors que la concentration en NH₃ dans l'air excède 10 mg/m³ ; 32 000 personnes seront ainsi déplacées.

De conception japonaise, à simple paroi, le réservoir isolé par de la perlite est alimenté par un atelier de 1 400 t/j distant de 600 m. Quelques heures avant l'accident, l'un des 2 turbocompresseurs de liquéfaction est arrêté pour de longues réparations. Le 2ème turbocompresseur l'est à son tour 1 h avant pour une réparation de courte durée. Rencontrant des difficultés pour mettre en service le compresseur de secours à piston, les opérateurs détournent l'NH₃ vers un stockage sous pression ; 14 t d'NH₃ chaud (+ 10 °C) ont cependant été introduites en partie basse du réservoir cryogénique dont le ciel gazeux monte rapidement en pression. Malgré les soupapes, le fond du réservoir se déforme et s'ouvre.

Le phénomène de roll-over envisagé par certain n'est pas confirmé par les experts. Les enquêtes montreront que :

- la plus forte résistance du toit par rapport à celle des liaisons entre la paroi interne de la cuve et du fond, ainsi que celle des pattes d'ancrage a entraîné la rupture du réservoir à sa base, le fond de celui-ci restant solidaire des fondations ;*
- la vague d'NH₃ liquide a rompu le mur de protection, pour se répandre sur une grande superficie aggravant ainsi les conséquences de l'accident,*
- une résistance du mur de protection non conforme aux spécifications prévues à la conception de l'unité à la suite de modifications apportées lors de la construction pour diminuer les coûts de matériaux et de main-d'œuvre. Des modifications auraient aussi été apportées pour cette même raison aux fondations et dispositif d'ancrage du stockage ».*

La fiche détaillée de l'accident est disponible sur le site du BARPI.

Octobre 1984 à Geismar aux Etats-Unis

« Dans une usine d'engrais, un stockage cryogénique de 15 000 t d'ammoniac (NH₃) se déchire à la jonction entre la jupe et le toit du réservoir ; 9 200 t d'NH₃ sont en contact avec l'atmosphère. Des concentrations de 150 à 400 ppm d'NH₃ sont mesurées, sous le vent, durant les 6 h suivant l'accident. Aucune autre conséquence sur l'environnement n'est signalée. L'accident a pour origine un défaut de soudure entre la virole et le dôme du réservoir. Une expertise métallurgique montre que la soudure présentait des défauts de pénétration importants qui auraient évolué sous l'effet d'une fatigue du métal liée aux cycles de pression. L'enregistrement analogique de la pression lors de l'accident a montré l'existence d'une surpression (non quantifiée du fait du dépassement de l'échelle de mesure) au moment de la rupture, mais des calculs ont montré que la vitesse de montée de la pression avant l'accident était normale. Par ailleurs, la rupture de la soudure sur les 2/3 de la circonférence du réservoir a induit la déformation de la paroi verticale qui aurait pu conduire à une rupture du réservoir en dessous du niveau de liquide ».

Janvier 2005 à l'accident de Rostock

Voici le résumé extrait du document du BARPI :

« Sur un site chimique, un réservoir cryogénique d'ammoniac anhydre (NH₃) d'une capacité de 11 800 t avec double-parois acier se rompt lors d'un remplissage après un arrêt pour maintenance ; 105 t d'NH₃ sont relâchées à l'atmosphère (dont 30 dues à la surpression). Un employé est gravement blessé. Le réservoir avait été arrêté et vidangé, mais non inerté, 5 mois auparavant pour changer les 2 vannes de pieds qui fuyaient légèrement. La remise en service s'est ensuite effectuée selon un processus bien défini : introduction pour protéger le fond du réservoir (sur 25 cm) d'ammoniaque froid à 20 % (NH₄OH) puis pulvérisation par le haut du bac, d'NH₃ anhydre froid pour ramener progressivement le stockage à température. Après une dizaine de jour, l'NH₃ anhydre ajouté par pulvérisation (30 cm supplémentaires en fond de réservoir) a permis d'abaisser la température à - 20 °C. La décision est donc prise de débiter le remplissage normal du réservoir par les vannes de fond. Lors de l'ouverture de celles-ci, un fort tremblement des canalisations et une importante montée en pression du stockage sont observés jusqu'à l'ouverture de la virole de fond du réservoir et son soulèvement à près de 1m50 du sol entraînant la vidange partielle du stockage. Un mélange trop rapide, malgré les précautions prises, entre l'NH₃ anhydre et l'NH₄OH à 20 % et la présence d'huile dans le réservoir, seraient à l'origine de l'accident. L'huile aurait formé une couche séparatrice entre l'eau ammoniacale et l'NH₃ anhydre, séparation qui se serait brisée lors de l'ouverture des vannes de fond, mettant trop rapidement en contact NH₄OH et NH₃ ».

Annexe 2 : Plan du guide PGS 12

Table des matières

1. Introduction

2. Définitions

3. Informations sur le produit

3.1. Introduction

3.2. Toxicité

3.3 Inflammabilité

3.4 Propriétés chimiques

3.5 Données physiques

4. Mesures de sécurité

4.1 Introduction

4.2. Mesures de sécurité

4.2.1 Mesures préventives

4.2.2 Système d'alarme et de détection

4.2.3 Plan d'urgence

4.2.4 Instructions en liaison avec les situations d'urgence

4.2.5 Moyens de protection personnels

4.2.6 Douches oculaires et douches d'urgence

4.2.7 Manche à air ou girouette

4.2.8 Exposition au rayonnement thermique

4.2.9 Distances vis à vis des objets inflammables avec et sans protection incendie

4.2.10 Installation d'arrosage à l'eau

4.2.11 Fiabilité du refroidissement

4.3 Mesures en cas de fuite d'ammoniac

4.3.1 Protection de la population avoisinante

4.3.2 Limitation du débit de fuite

4.3.3 Limitation de l'évaporation

4.3.4 Dissolution de l'ammoniac

4.3.5 Abaissement des concentrations en ammoniac

4.4 Mesures en cas d'incendie

4.5 Premiers secours en cas d'accident

5. Prescriptions pour le transport des matières dangereuses

6. Le stockage d'ammoniac liquide dans des réservoirs fixes

6.1 Introduction

6.2 Emplacement des réservoirs

6.3 La construction de réservoirs de stockage fixes pour l'ammoniac liquide sous pression

6.3.1 Exigences de conception

6.3.1.1 Généralités

6.3.1.2 Contenu et taux de remplissage

6.3.1.3 Pression, épaisseur de paroi et surépaisseur pour la corrosion

- 6.3.1.4 Température
- 6.3.1.5 Choix du matériau
- 6.3.1.6 Liaisons soudées
- 6.3.2 Construction
 - 6.3.2.1 Nombre et emplacement des piquages
 - 6.3.2.2 Trou d'homme
 - 6.3.2.3 Brides
 - 6.3.2.4 Joint de bride
 - 6.3.2.5 Emplacement des vannes
 - 6.3.2.6 Plaque
 - 6.3.2.7 Supports
 - 6.3.2.8 Finition et isolation
 - 6.3.2.9 Mise à la terre
- 6.4 La construction de réservoirs de stockage fixes pour l'ammoniac liquide réfrigéré
 - 6.4.1 Exigences de conception
 - 6.4.1.1 Généralités
 - 6.4.1.2 Formes de construction
 - 6.4.1.3 Code de conception
 - 6.4.1.4 Contenu et taux de remplissage
 - 6.4.1.5 Pressions d'épreuve
 - 6.4.1.6 Pression hydrostatique
 - 6.4.1.7 Tension de design
 - 6.4.1.8 Surépaisseur de corrosion
 - 6.4.1.9 Température
 - 6.4.1.10 Choix du matériau
 - 6.4.1.11 Liaisons soudées
 - 6.4.1.12 Résistance aux influences externes
 - 6.4.1.13 Epreuve
 - 6.4.2 Construction
 - 6.4.2.1 Nombre et emplacement des piquages
 - 6.4.2.2 Trous d'homme
 - 6.4.2.3 Brides et joint de bride
 - 6.4.2.4 Toit du réservoir
 - 6.4.2.5 Supports et fondations
 - 6.4.2.6 Réservoir extérieur
 - 6.4.2.7 Système de chauffage dans les fondations
 - 6.4.2.8 Système d'isolation
 - 6.4.2.9 Mise à la terre
 - 6.4.2.10 Tuyauterie de refroidissement
 - 6.4.2.11 Plaque
- 6.5 Accessoires d'un réservoir de stockage d'ammoniac liquide
 - 6.5.1 Exigences de conception
 - 6.5.1.1 Généralités
 - 6.5.1.2 Pression
 - 6.5.1.3 Température
 - 6.5.1.4 Choix du matériau

- 6.5.1.5 Liaisons soudées
- 6.5.2 Construction
 - 6.5.2.1 Tuyauteries
 - 6.5.2.2 Flexibles
 - 6.5.2.3 Connexions
 - 6.5.2.4 Brides
 - 6.5.2.5 Joint de bride
 - 6.5.2.6 Fabrication
 - 6.5.2.7 Epreuve
 - 6.5.2.8 Accessoires
 - 6.5.2.9 Expansion thermique
 - 6.5.2.10 Supports
 - 6.5.2.11 Finition et isolation
 - 6.5.2.12 Accessibilité
- 6.5.3 Protections
 - 6.5.3.1 Protection contre une pression trop haute et trop basse
 - 6.5.3.2 Réalisation de la protection du réservoir contre la pression
 - 6.5.3.3 Protection des tuyauteries contre la pression
- 6.5.4 Instrumentation
 - 6.5.4.1 Mesure de niveau, protection et alarme
 - 6.5.4.2 Mesure de pression
 - 6.5.4.3 Mesure de température
 - 6.5.4.4 Points de connexion pour l'instrumentation
 - 6.5.4.5 Liaisons filetées
 - 6.5.4.6 Commande des vannes
 - 6.5.4.7 Boutons d'arrêt d'urgence
- 6.6 La réalisation et le maintien en état d'un réservoir de stockage avec accessoires
 - 6.6.1 Mise en service
 - 6.6.2 Exploitation
 - 6.6.3 Tests
 - 6.6.4 Inspection
 - 6.6.5 Modifications et réparations
 - 6.6.6 Enregistrement
- 7. Installation de chargement et déchargement pour camions-citernes
 - 7.1 L'emplacement de chargement et déchargement
 - 7.1.1 Marquage de l'emplacement de chargement et déchargement
 - 7.1.2 Protection vis-à-vis du trafic de transit
 - 7.1.3 Distances vis-à-vis des objets inflammables
 - 7.1.4 Distance vis-à-vis d'autres emplacements de chargement et déchargement
 - 7.1.5 Distance vis-à-vis de la limite du terrain et des voies publiques
 - 7.2 Equipement pour l'emplacement de chargement et déchargement
 - 7.2.1 Revêtement
 - 7.2.2 Protection contre la mise en mouvement
 - 7.2.3 Système d'alarme
 - 7.2.4 Manche à air ou girouette

- 7.2.5 Raccordement à l'eau
- 7.2.6 Eclairage
- 7.2.7 Moyens de protection personnels
- 7.2.8 Communication
- 7.2.9 Lutte contre l'incendie et extincteurs portables
- 7.3 Construction
 - 7.3.1 Type d'installation de déchargement
 - 7.3.2 Connexion de flexibles et de bras de déchargement
 - 7.3.3 Clapets limiteurs de débit et vannes de sécurité
 - 7.3.4 Boutons d'arrêt d'urgence
 - 7.3.5 Flexibles
 - 7.3.6 Accouplement du flexible
 - 7.3.7 Tuyauteries
 - 7.3.8 Capacité du réservoir de stockage
- 7.4 Management
 - 7.4.1 Placement des citernes
 - 7.4.2 Isolement de l'emplacement de chargement et déchargement
 - 7.4.3 Pas d'autres véhicules dans la zone de chargement et déchargement
 - 7.4.4 Isolement de la citerne
 - 7.4.5 Chargement de la citerne
 - 7.4.6 Taux de remplissage maximum de la citerne
 - 7.4.7 Contrôle du niveau de remplissage pendant le chargement
 - 7.4.8 Fin du chargement
 - 7.4.9 Rendre les connexions libres d'ammoniac
 - 7.4.10 Etablir le remplissage
 - 7.4.11 Libération de la citerne
 - 7.4.12 Pas de chargement sans personnel
- 7.5 Maintenance et inspection
 - 7.5.1 Contrôle du bon fonctionnement
 - 7.5.2 Inspections périodiques
 - 7.5.3 Inspection des flexibles
 - 7.5.4 Modifications et réparations
 - 7.5.5 Enregistrement des résultats de l'inspection, des modifications et des réparations
 - 7.5.6 Contrôle et maintenance des extincteurs portables

- 8. Installation de chargement et déchargement pour wagons-citernes
 - 8.1 Situation
 - 8.2 Construction
 - 8.3 Maintenance et inspection
 - 8.4 Procédures

- 9. Installation de chargement et déchargement pour navires de mer et de navigation intérieure
 - 9.1 Situation
 - 9.2 Construction
 - 9.3 Maintenance et inspection
 - 9.4 Procédures

10. Prescriptions de sécurité pour le transport de l'ammoniac dans l'agriculture

10.1 Bouteilles sous pression, en acier et mobiles

10.2 Exigences auxquelles doivent satisfaire les bouteilles sous pression

10.3 Ré-approbation des bouteilles sous pression

10.4 Indications qui doivent être apposées sur les bouteilles sous pression

10.5 Indications complémentaires qui doivent être apposées sur les réservoirs d'ammoniac

10.6 Indications qui doivent être apposées sur les véhicules qui transportent des réservoirs d'ammoniac

10.7 Dispositions de sécurité qui doivent être apportées aux bouteilles sous pression

10.8 Pompes et compresseurs

10.9 Bouteilles vides

10.10 Installations électriques

10.11 Equipement de sécurité

10.12 Chargement et déchargement d'ammoniac dans et à partir des bouteilles sous pression

Annexe 1: Prescriptions pour le contrôle lors du chargement de citernes avec des gaz liquéfiés sous pression

Annexe 2: Normes

Annexe 3 : Fiches présentant les documents consultés

CHECK LIST AMMONIAC

Références : CRC/CL/009-F

(voir le site Internet : <http://www.emploi.belgique.be/publicationDefault.aspx?id=6640>)

Date du document : Janvier 2006

Langue : Français

Nombres de pages :

(1-20) (20-50) (50-100) (> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique Stockage semi réfrigéré Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Contenu des principales parties

L'analyse du système « déchargement »

Le document présente trois types d'évènements pouvant conduire à la fuite d'ammoniac :

1. Phénomènes engendrant des tensions sur l'enveloppe :
 - Phénomènes engendrant une pression élevée :
 - Explosion interne
 - Dilatation thermique du liquide emprisonné

- Phénomènes engendrant d'autres tensions qu'une pression : mouvement du camion-citerne et du wagon-citerne
2. Phénomènes menaçant les matériaux de construction de l'enveloppe
 - Conditions corrosives ou chimiquement agressives
 - Phénomènes engendrant des températures basses liés à l'introduction d'ammoniac refroidi
 3. Ouvertures dans l'enveloppe
 - Ouvertures temporaires vers l'atmosphère au niveau du point de connexion pour le flexible ou le bras de déchargement

Des points faibles sont identifiés. Il s'agit par exemple de l'accouplement du bras ou du flexible de déchargement avec la camion et des flexibles de (dé)chargement.

Les mesures suivantes sont développées :

- Contrôle de la quantité effectivement chargée dans une citerne,
- Protection contre le surremplissage de la citerne de transport,
- Placement de cales,
- Détection de mouvement,
- Distances de sécurité par rapport au réseau public (15 m), par rapport aux routes à l'intérieur du site (10 m),
- Détection de gaz au déchargement,
- Système d'isolation de la liaison temporaire,
- Arrêt d'urgence au déchargement,
- Connexion break-away,
- Ridoir,
- Extraction NH₃ gazeux,
- Dispositif de recueil de l'ammoniac liquide,
- Liaisons équipotentielles,
- Installation électrique en exécution antiexplosion,
- Interdiction de feu.

L'analyse du système « déchargement d'un bateau »

Le document présente trois types d'évènements pouvant conduire à la fuite d'ammoniac :

1. Phénomènes engendrant des tensions sur l'enveloppe :
 - Mouvement du bateau
 - Accrochage du bateau ou de la liaison temporaire par un véhicule
2. Ouvertures dans l'enveloppe
 - Ouvertures temporaires vers l'atmosphère au niveau du point de connexion du bras de déchargement

Les mesures suivantes sont développées :

- Ancrage solide du bateau
- Périmètre de sécurité vis-à-vis d'autres bateaux également chargés d'ammoniac (50 m)
- Distance par rapport au réseau public routier ou ferroviaire (25 m)
- Emplacement de (dé)chargement clairement indiqué
- Chasser l'ammoniac liquide de la liaison temporaire avant de désaccoupler
- Contrôle visuel de la connexion avant de débiter le (dé)chargement
- Tester les fuites après la connexions et avant de débiter le (dé)chargement
- Emploi d'un nouveau joint à chaque connexion
- système d'isolation du (dé)chargement du bateau
- Connexion break-away
- Présence permanente d'un opérateur au (dé)chargement
- Communication entre le quai et la navire
- Câble de rupture entre le bateau et le quai
- Arrêt d'urgence au déchargement bateau
- Dispositif de recueil de l'ammoniac liquide
- Liaisons équipotentielles
- « Installation électrique en exécution anti-explosion »
- Interdiction de feu

L'analyse du système « tuyauterie »

Les tuyauteries

Le document présente trois types d'évènements pouvant conduire à la fuite d'ammoniac :

1. Phénomènes engendrant des tensions sur l'enveloppe :
 - Phénomènes engendrant une pression élevée :
 - Dilatation thermique du liquide emprisonné
 - Pression de refoulement de la pompe (par exemple à cause de la formation en aval de carbamates qui bloquerait la circulation)
2. Phénomènes menaçant les matériaux de construction de l'enveloppe
 - Conditions corrosives ou chimiquement agressives : corrosion interne et externe
 - Phénomènes engendrant des températures trop élevées (feu externe)

Les mesures citées sont les suivantes :

- Tuyauterie résistant à la surpression maximum
- Décharge de pression en cas de dilatation thermique (disque ou soupape)
- Soupape de sécurité sur la tuyauterie
- Inspection des filtres
- Limiter la quantité de CO₂ présente dans le flux de NH₃

- Procédure de vérification des positions des vannes avant démarrage pompe
- Flux de purge constant
- Obturer le point de connexion pour bras/flexible de déchargement
- Peinture anti-corrosion
- Inspection des tuyauteries
- Isolation imperméable à l'eau et à l'humidité de l'air
- Tuyauterie suffisamment éloignée de tout foyer potentiel
- Isolation en matériau combustible
- Les liaisons par brides limitées au minimum
- Connexions soudées
- Joints enroulés en spirale
- Eviter les connexions filetées

Les compresseurs

Le document présente deux types d'évènements pouvant conduire à la fuite d'ammoniac :

1. Phénomènes engendrant des tensions sur l'enveloppe :
 - Phénomènes engendrant une pression élevée :
 - Surchauffe du compresseur
 - Pression de refoulement du compresseur
 - Phénomènes engendrant d'autres tensions qu'une pression : la cavitation
2. Ouvertures dans l'enveloppe
 - Ouvertures temporaires vers l'atmosphère au niveau de la purge de l'huile

Le point faible est l'étanchéité de l'arbre.

Les mesures listées dans le document sont les suivantes :

- Elimination de l'air lors de la mise en service
- Carter résistant à la pression prévisible
- Soupape de sécurité sur le carter
- Soupape de sécurité en amont de la première vanne
- Piège à liquide à l'aspiration du compresseur
- Tuyauterie autour du compresseur conçues pour éviter l'accumulation de liquide
- Clapets anti-retour au refoulement
- Instructions concernant la purge d'huile
- Double vanne sur la tuyauterie de purge
- Système d'isolation du compresseur
- Détection de NH3 au droit du compresseur

Les pompes

L'événement redouté central identifié est la génération d'une pression de refoulement élevée, par exemple à cause de la fermeture en aval d'une vanne.

Les mesures listées dans le document sont les suivantes :

- Vanne de by-pass au refoulement
- Soupape de sécurité au refoulement en amont de la première vanne
- Système d'isolation de la pompe
- Détection NH3 au droit de la pompe
- Détection de perte de capacité de chargement au niveau de la pompe (par exemple par une mesure de pression différentielle)

L'analyse du système « Réservoir de stockage »

Le document présente deux types de phénomènes pouvant porter atteinte à l'intégrité des stockages :

- Phénomènes engendrant des tensions sur l'enveloppe :
 - Les phénomènes engendrant une pression élevée :
 - Production de chaleur par des réactions non désirées
 - Dilatation thermique du liquide emprisonné
 - Perte de refroidissement
 - Phénomène engendrant une dépression : absorption d'ammoniac dans la phase liquide
 - L'impact de véhicules
- Phénomènes menaçant les matériaux de construction de l'enveloppe :
 - Conditions corrosives ou chimiquement agressives : corrosion interne, corrosion externe, présence de conditions pour une corrosion fissurante
 - Température trop élevée : feu externe
 - Température trop basse : évaporation de l'ammoniac liquide

Les mesures listées sont les suivantes :

- Soupape de sécurité
- Protection contre tout retour de flux
- Réseau azote séparé
- Volume libre suffisant pour pouvoir décharger la totalité du camion-citerne
- Mesure de niveau avec alarme
- Protection du réservoir contre le surremplissage
- Compresseur connecté à un réseau de secours
- Enceinte résistant au vide
- Boucle de régulation de pression

- Boucle de régulation de pression
- Procédure de rinçage
- Distances de sécurité
- Limitation de vitesse
- Rails de sécurité
- Matériau résistant à la corrosion
- Inspection périodique de l'enceinte
- Peinture anti-corrosion
- Isolation imperméable à l'eau et à l'humidité de l'air
- Matériau de construction de l'enceinte non sensible au SCC
- Programme de mesure périodique de l'oxygène
- Concentration en oxygène fixée dans le bon de commande
- Présence d'au moins 0,2% d'eau en poids
- Système de déluge
- Isolation en matériau incombustible
- Sol en pente sous le réservoir de stockage
- Pas de stockage de matériaux combustibles dans le voisinage des réservoirs (3m)
- Inspection périodique de la présence de matériaux combustibles
- Présence de végétation combustible
- Le matériau résiste aux basses températures
- Rétablissement de la pression avec du NH₃ gaz avant d'alimenter le NH₃ liquide
- Système d'isolation du réservoir (vannes d'arrêt)
- Limiteur de débit sur les tuyauteries avec des flux sortants
- Clapet anti-retour sur les tuyauteries avec flux entrants
- Réserve de réserve
- Dispositif de recueil de l'ammoniac liquide
- Elimination contrôlée de l'eau dans l'encuvement
- Rideau d'eau
- Mise à la terre
- Détection de feu

RAPPORT INERIS 2002

Références : Synthèse sur les barrières techniques de sécurité disponibles en matière de prévention des accidents. Prestation pour l'administration. Première partie : ammoniac

Date du document : Octobre 2002

Langue : Français

Nombres de pages :

(1-20)

(20-50)

(50-100)

(> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique

Stockage semi réfrigéré

Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Contenu des principales parties

 **Chapitre 1 : Introduction**

 **Chapitre 2 : Risques liés aux installations employant de l'ammoniac**

 **Chapitre 3 : Exemples de barrières techniques de sécurité relatives à des installations de dépotage et de stockage d'ammoniac**

 **Chapitre 4 : Bibliographie**

 **Chapitre 5 : Conclusion**

GUIDE AMMONIAC

Références : Guide élaboré par un groupe de travail réuni par le ministère de l'environnement

Date du document :

LANGUE : Français

Nombres de pages :

(1-20)

(20-50)

(50-100)

(> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique

Stockage semi réfrigéré

Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Structure du guide :

La réglementation française relative à l'utilisation d'ammoniac

Le guide rappelle que le stockage de capacité d'ammoniac à but industriel est soumis à la rubrique 1136-A-1 de la nomenclature des installations classées et présente les différentes réglementations existantes :

- Arrêté du 23 février 1998 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 1136.
- Arrêté du 20 février 1978 relatif aux réservoirs (> 120 m³) utilisés à l'emmagasinage de l'ammoniac liquéfié sous pression au plus égale à quatre bars.
- Circulaire n°4688/DPPN/SEI/RG/DT du 16 octobre 1975 relative aux établissements classés : gros stockages d'ammoniac.
- Circulaire du 4 septembre 1970 relative aux dépôts d'ammoniac liquéfié non réfrigéré (> 1 tonne).
- Décret n° 99-1046 du 13 décembre 1999 relatif aux équipements sous pression
- Arrêté ministériel du 15 mars 2000 relatif à l'exploitation des équipements sous pression.

Le panorama des installations utilisant de l'ammoniac

Le guide comporte des schémas simplifiés d'installations pour les stockages à température ambiante, réfrigérés et cryogéniques.

L'accidentologie

Le BARPI a réalisé une étude sur les accidents sur ce type d'installation. Celle-ci figure dans le guide.

Les propriétés et précautions d'emploi

Le guide présente une synthèse des dangers liés à l'ammoniac et rappelle les valeurs toxicologiques de référence.

De même un guide de bonnes pratiques pour la modélisation a été réalisé conjointement avec tous les acteurs du groupes.

Les nœuds papillons

Pour chacun des trois systèmes de stockage, le guide présente différents nœuds papillon et concerne les systèmes suivants :

- Le dépotage.
- La canalisation de transfert
- Les stockages à température ambiante, réfrigérés et cryogéniques.

L'événement redouté central étudié pour le dépotage est la vidange de l'ammoniac contenu dans les bras de dépotage

Les événements redoutés centraux étudiés pour la canalisation de transfert sont notamment : la fuite de l'ammoniac contenu dans la tuyauterie et la déchirure et la fuite d'ammoniac liquide dans la brèche.

Concernant les stockages, les événements redoutés centraux étudiés sont les suivants :

- Fuite d'un piquage
- Fuite d'une soupape Fuite d'un réservoir
- Fuite d'un accessoire
- Défaillance du groupe de réfrigération uniquement pour les stockages réfrigérés et cryogénique

Les barrières

En 2005, le GT avait proposé une liste de barrières regroupées en quatre catégories :

Barrière conception / norme /réglementation (règles de conception, résistance à la corrosion réglementations des équipements....)

Barrière structurelle (éloignement des autres installations et des voies de circulation, rétention et étanchéité des sols...)

Barrière procédures (plan de circulation, procédure de branchement/débranchement et remplissage, procédure maintenance, évaluation des fournisseurs....)

Barrière mécanique et / ou instrumentée (isolement de la citerne et du réservoir, alarme et sécurité de niveau, soupape.....)

GUIDE EFMA

Références : Guidance for inspection of atmospheric, refrigerated ammonia storage tanks

Date du document : année 2008 (2^{ème} édition)

Langue : Anglais

Nombres de pages :

(1-20)

(20-50)

(50-100)

(> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique

Stockage semi réfrigéré

Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Structure du document :

 **Chapitres 1 et 2 : champ du document et introduction**

 **Chapitre 3 : Description des domaines d'étude**

- Les installations de stockage d'ammoniac
- Les types stockage d'ammoniac
- Les équipements
- La conception et les matériaux de conception (renvoi à l'API 620 et à l'EN 14620)

- Les facteurs affectant les stockages :
 - Défaut de soudure à la conception
 - Corrosion généralisée
 - Corrosion fissurante sous tension
 - La fatigue
- Informations provenant d'accidents

Chapitre 4 : La stratégie de l'inspection

Chapitre 5 : L'inspection

- Compétence et indépendance
- Evaluation de la fréquence d'inspection
- Procédure pour les calculs de l'intégrité de la structure et la définition du programme d'inspection
 - Inspection de l'intégrité depuis l'intérieur
 - Inspection de l'intégrité depuis l'extérieur du réservoir
 - Autres types d'inspections

Ce sous-chapitre aborde les maintenance préventives à réaliser ou encore les opérations de contrôle du type : inspection des canalisations et supports tous les 9 ans, inspection du toit tous les 1 à 2 ans, inspection des réchauffeurs sous la base du réservoir tous les 3 à 6 mois.

L'EFMA préconise l'inspection des détecteurs d'ammoniac tous les 6 mois. L'instrumentation et les équipements de contrôle (niveau, pression, température) peuvent être vérifiés tous les ans ou tous les 2 ans.

- Le système de suivi des fuites

Le guide précise qu'un système de détection de fuite peut être installé autour des réservoirs d'ammoniac afin d'alerter au plus tôt de fuite d'ammoniac.

- Le compte rendu écrit des inspections

Chapitre 6 : Les réparations et les actions correctives

Chapitre 7 : Le démarrage, l'arrêt et le redémarrage

Chapitre 8 : Glossaire et explication de termes

Chapitre 9 : Références

Annexes

Guide UNIFA

Références : Contrôle technique par l'exploitant des réservoirs cryogéniques d'ammoniac Guide de bonnes pratiques

Date du document :

Langue : Français

Nombres de pages :

(1-20)

(20-50)

(50-100)

(> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique

Stockage semi réfrigéré

Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Structure du document :

📖 Chapitre 1 : les stockages cryogéniques d'ammoniac

- Description
- Les stockages cryogéniques d'ammoniac à l'étranger
- Les stockages cryogéniques en France

📖 Chapitre 2 : leur situation réglementaire

📖 Chapitre 3 : les contrôles auxquels ils sont soumis

📖 Chapitre 4 : Facteurs affectant les stockages

Le guide présente les différentes origines de dégradation d'un réservoir cryogénique :

- Défauts de soudure à la conception,
- Corrosion généralisée,
- Corrosion fissurante sous tension,
- Fatigue,
- Modes de dégradation rencontrés dans les phases de mise en service, d'arrêt et de remise en service.

📖 Chapitre 5 : les alternatives à l'ouverture des stockages

Ce document présente et compare quatre méthodes de contrôle non destructif permettant de détecter et localiser des défauts :

- Le contrôle par magnétoscopie,
- Le contrôle par émission acoustique,
- Le contrôle par champ électrique dite FSM
- Le contrôle ultra sonore.

📖 Chapitre 6 : définition d'une solution technique de contrôle

GUIDE DE L'INDUSTRIE CANADIENNE POUR LE STOCKAGE ET LA MANIPULATION DES ENGRAIS

Références : Téléchargeable sur internet à l'adresse suivante : http://www.cfi.ca/files/publications/facts_and_issues_archive/d346_Storage_Handling.PDF

Date du document : 2001

LANGUE : anglais

Nombres de pages :

(1-20)

(20-50)

(50-100)

(> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique

Stockage semi réfrigéré

Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Structure du guide :

 Introduction

 Engrais solides

 Ammoniac

 Engrais liquides

 Formation des employés et la documentation

 Plan d'urgence et des exercices

AS/NZS 2022

Références : Australian/New Zealand Standard Anhydrous ammonia -Storage and handling

Date du document : année 2003

Langue : Anglais

Nombres de pages :

(1-20)

(20-50)

(50-100)

(> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique

Stockage semi réfrigéré

Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Structure du document :

 **Section 1 : Champ du document**

 **Section 2 : les équipements**

La section 2 donne les prescriptions générales pour les équipements, systèmes et autres accessoires manipulant de l'ammoniac. On y trouve des informations sur :

- les pressions opératoires et les pressions de conception,
- les matériaux,
- les connexions électriques,
- les vannes, soupapes de sécurité, robinet de purge,
- les clapets limiteurs de débit (à noter que les vannes installées sur les lignes liquide doivent être à sécurité positives),
- les canalisations : leur conception, leur installation, leur maintenance,
- les connexions de chargement et déchargement,
- les flexibles en acier,
- les tuyaux en caoutchouc,
- les pompes,
- les compresseurs,
- les vaporisateurs,
- le système d'arrêt d'urgence qui doit équiper au minimum les stockages d'au moins 35 m³,
- les dispositifs d'immobilisation des citernes en cours de (dé)chargement,
- les équipements de sécurité pour le personnel.

Section 3 : le réservoir de stockage

La section 3 est centrée sur le stockage dans les réservoirs.

Elle traite successivement des points suivants :

- les soupapes de sécurité,
- les clapets limiteurs de débit et clapets anti-retour,
- les vannes d'arrêt manuelles,
- les mesures de niveau,
- les mesures de pression,
- les mesures de température,
- la localisation des réservoirs avec les distances de sécurité,
- l'installation des réservoirs en termes de fondations et supports, dispositifs de protection du réservoir, moyens de prévention de la malveillance,
- les équipements de sécurité pour le personnel.

Un résumé des obligations générales est donné ci après

Chaque réservoir doit être équipé d'au moins une soupape de sécurité, répondant aux spécifications de la norme AS 1210 (« Pressure vessels »).

Chacune des entrées liquide ou gaz dans un réservoir (excepté) qui ont une pression de conception inférieure à 20 kPa doivent être équipés avec clapet limiteur de débit, ou avec un clapet anti-retour interne.

Ne sont pas concernés par cette règle :

- Les réservoirs réfrigérés,
- Les piquages sur lesquels sont fixées les soupapes,

Et les piquages inférieurs à 1,4 mm.

Toutes les connexions au réservoir doivent être équipées de vannes de fermeture manuelle (« manual shut off valves »), excepté pour :

- Les piquages sur lesquels sont fixées les soupapes,
- les piquages inférieurs à 1,4 mm.
- Les points de purges.

Les mesures de niveau :

Chaque réservoir doit être équipé au minimum d'une mesure de niveau fixe et d'une mesure de niveau mobile.

Les niveaux de remplissage sont respectivement de 85% et 87% pour les réservoirs jusqu'à 5 m³ et les réservoirs au-delà de 5m³.

De plus, une mesure de niveau à glaces doit être installée à l'extérieur. Il est précisé que celle-ci ne doit pas être de type tubulaire. Il est même conseillé une jauge de type magnétique ou à flotteur.

Les mesures de pression :

Les réservoirs doivent être équipés d'au moins une mesure de pression.

Les mesures de température :

Les jauges de température doivent être installées sur les réservoirs qui ne sont pas remplis par masse et qui peuvent être remplis au-delà de 85% de la capacité du réservoir. La plage de mesure doit être au minimum :- 30°C à 60°C.

Le respect de distances de sécurité :

La norme donne des distances à respecter.

Volume V du réservoir (m ³)	Distances minimales à partir du réservoir (mètres)		
	Autoroute, voie ferrée, réserve d'eau potable	Rassemblement du public, zones résidentielles, entreprises	Institution, hôpital et établissement similaires
2 < V ≤ 7	15	60	90
7 < V ≤ 100	15	120	180
100 < V ≤ 400	15	150	240
400 < V	15	180	300

Dans le cas où le réservoir qui se situe à moins de 30 mètres d'une route ou d'une voie ferrée, il faudra prendre en compte les scénarios de choc et donc prendre les mesures de protection nécessaires.

📖 section 4 : Les réservoirs servant au transport

La section 4 concerne le transport de l'ammoniac par camion et wagon. Elle sort donc du champ de notre étude.

Section 5 : le stockage sous pression

La section 5 concerne les installations de type « cylindriques » stockant l'ammoniac et susceptibles d'être manutentionnés. Cette section s'applique en fait pour les stockages d'ammoniac sous pression. Elle présente deux seuils de classement des réservoirs : 2 l et 500 l.

La section 5 traite des points suivants :

- les équipements et les vannes,
- le stockage et la manipulation dans un bâtiment (< 2 litres !) et à l'air libre (donc la majorité des cas),

l'inspection : la norme renvoie à une autre norme AS 2030.1-1999 : « The verification, filling, inspection, testing and maintenance of cylinders for storage and transport of compressed gases - Cylinders for compressed gases other than acetylene »

- les conditions de manipulation et de transport,
- les équipements de sécurité pour le personnel.

Un résumé des obligations générales est donné ci après :

Comme il est précisé ci-dessus, seuls les stockages de moins de 2 litres sont autorisés dans des bâtiments. Ces bâtiments doivent être ventilés et en cas de défaillance de la ventilation, la circulation d'ammoniac est arrêtée.

Au-delà de 2 litres, le réservoir doit donc être à l'air libre, sur un terrain dur. Il doit être fixé solidement.

Le réservoir et ses canalisations doivent être protégés des manœuvres des véhicules.

Le réservoir doit être protégé des rayons directs du soleil et doit être éloigné de toute source de chaleur.

Le réservoir doit faire l'objet d'inspection et de tests définis dans les normes AS 2030.1 (The verification, filling, inspection, testing and maintenance of cylinders for storage and transport of compressed gases) et AS 2337.1 (Gas cylinder test stations, Part 1 : General requirements, inspections and tests – gas cylinders)

Leur remplissage ne peut se faire que par masse.

Section 6 : le stockage réfrigéré

La section 6 traite des questions du stockage réfrigéré. Les systèmes de stockages réfrigérés doivent non seulement suivre les prescriptions de cette section 6, mais également des sections 2 et 3 de la norme.

La section 6 traite des points suivants :

- la construction du réservoir, les matériaux et le marquage : les prescriptions constructives dépendent de la pression de conception :
- en dessous de 100 kPa : la norme renvoie vers l'API 620 et vers la norme BS 777.2 (devenue

la norme BS EN 14620 que nous étudions dans ce rapport)

- au-dessus de 100 kPa : la norme renvoie vers l'API 620 et vers la section 2.
- la localisation et l'installation du réservoir : ses fondations, son isolation
- les vannes
- la « presssure relief » : équipement avec soupape de sécurité, et système « casse vide » reposant sur l'injection d'azote, d'ammoniac ou d'un autre gaz inerte.
- les systèmes de réfrigération en tant que tels, avec leur conception, l'énergie, la charge en fluide réfrigérant, le système de contrôle, les compresseurs, les condenseurs et les purges.

Un résumé des prescriptions générales est donné ci après :

Les stockages réfrigérés doivent être supportés par des fondations non combustibles. La température du sol en dessous du réservoir doit être maintenue positive.

Sur ces réservoirs réfrigérés, dès lors que les conditions opératoires le permettent :

- un clapet anti-retour interne devrait être installé sur la canalisation d'alimentation,
- et une vanne d'arrêt actionnable à distance devrait être installée sur les connexions en partance (**discharge ?**) situées sous le niveau maximum de liquide à l'intérieur ou au plus près du réservoir.

Si une canalisation est utilisée à la fois pour le remplissage et la vidange et qu'il est donc impossible d'installer un clapet anti-retour, un système d'arrêt d'urgence doit pouvoir être actionné suivant les prescriptions présentées en section 2.

- Une vanne à sécurité positive actionnable à distance devrait être installée sur chaque canalisation qui pénètre le second confinement en dessous du niveau de liquide.

Les vannes devraient pouvoir être activées depuis des lieux appropriés.

Les réservoirs doivent être protégés de la surpression par la présence de soupapes de sécurité. Celles-ci doivent être dimensionnées afin d'évacuer la surpression engendrée par (1) une exposition au feu OU (2) une mise en défaut de la réfrigération. Pour ce dernier cas, la norme indique les causes qui peuvent l'expliquer :

- Défaillance du système de refroidissement d'eau,
- Perte d'énergie,
- Perte d'air comprimé,
- Défaut mécanique,
- Marche excessive des pompes,
- Chute rapide de la pression atmosphérique notamment lors des cyclones.

Le dimensionnement des soupapes est donc défini par les scénarios ci-dessus. La norme précise (voir § 6.5.2) que si le dimensionnement du fait de l'exposition au feu (1) est supérieur aux cas (2), alors la différence devra être évacuée par « a safety hatch » qui fonctionnera à 125% de la pression de conception et qui devra être capable d'évacuer l'excédent.

Les conditions de dépression sont également couvertes : les stockages doivent être équipés de « vacuum breaker ». Du gaz ammoniac, de l'azote ou un autre gaz inerte peut être introduit en cas de dépression.

Le système de réfrigération doit respecter la norme AS/NZS 1677.2 et doit être équipé d'un contrôle automatique. Sa charge frigorifique doit notamment prendre en compte les hypothèses suivantes :

- La température de stockage à maintenir,

- Le rayonnement solaire,
- Les opérations de remplissage avec de l'ammoniac plus chaud.

La réfrigération devra pouvoir être secourue en cas de perte d'énergie, sauf si un scrubber à eau et/ou (?) une torchère sont disponibles.

De même, au moins deux compresseurs doivent être fournis pour chaque système de réfrigération. Ces compresseurs doivent disposer de leur propre système d'alimentation.

Section 7 : Les opérations

La section 7 concerne les opérations qui concernent tous les types de stockages visés dans la norme : les procédures opératoires et de maintenance, les procédures d'urgence, la formation du personnel, la gestion des sous-traitants, les visiteurs, les activités de supervision. La partie 7.8.2 mérite une attention particulière. Elle liste en effet les précautions à prendre pour prévenir la « corrosion stress ».

La section 7 développe aussi un chapitre relatif à l'inspection et aux tests.

Le chapitre 7.10 traite des conditions de (dé)chargement d'ammoniac et donne des règles à suivre en terme par exemple de présence des opérateurs, etc..

Le chapitre 7.11 traite succinctement de la problématique de la détection.

Enfin, la section 7 se termine par des prescriptions sur la réparation.

Section 8 : le management des situations d'urgence

La section 8 traite des questions relatives au management des situations d'urgence, avec la question des plans d'urgence. Le chapitre 8.5 développe les prescriptions à suivre en cas de fuite.

Section 9 : la sécurité incendie

La section 9 concerne la sécurité incendie.

ANSI K61.1

Références : American national standard safety requirements for the storage and handling of anhydrous ammonia

Date du document : année 1999

Langue : Anglais

Nombres de pages :

(1-20)

(20-50)

(50-100)

(> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique

Stockage semi réfrigéré

Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Structure du document :

Chapitre 3 : La sécurité

La norme présente des prescriptions minimales en terme de formation du personnel. Ensuite, elle définit des équipements de protection individuelle pour les installations fixes et les installations mobiles.

Chapitre 4 : L'utilisation de l'eau dans les situations d'urgence

La norme indique que dans les cas de dispersion d'ammoniac dans l'air, l'utilisation de brouillards d'eau (« water fog or spray ») peut se révéler efficace.

De même, en cas d'incendie à proximité du stockage qui génère la perte de confinement du stockage, « le voisinage doit être évacué à une distance minimale de 610 m (2000 pieds) dans toutes les directions ».

Chapitre 5 : les règles de base

Emplacement

L'emplacement des réservoirs d'ammoniac doit se faire en fonction des règlements locaux, et doit au minimum respecter les distances données dans le tableau ci-dessous :

Distance minimale				
	Grande ligne de chemin de fer	Autoroute		
Capacité nominale des réservoirs			Bâtiment ou secteur utilisé par le public (école, gare, salle de spectacle ou institutions identiques)	Hôpital, prison ou autres établissements identiques
De 2 à 8 m ³	30 m	15 m	45	75
De 8 à 110 m ³	30 m	15 m	90	150
De 110 à 400 m ³	30 m	15 m	140	230
Plus de 400 m ³	30 m	15 m	180	300

Les vannes

Toutes les connexions au stockage autres que les piquages pour les soupapes de sécurité ou instrumentation doivent être équipées de vannes d'arrêt.

Des vannes d'arrêt doivent se fermer automatiquement sur excès de débit pour les liquides et gaz.

Les canalisations

Le guide définit des prescriptions sur la nature des matériaux et sur la conception des canalisations.

Il est précisé que toutes les canalisations doivent être protégées contre les dommages physiques provoqués par la collision avec des machines ou tout autre équipement de l'établissement, avec les automobiles ou camions.

Les tuyaux

Une section de la norme traite des tuyaux de remplissage, et rappelle les normes auxquelles ils doivent satisfaire.

Les dispositifs de décharge de pression

Les réservoirs doivent être équipés d'un dispositif de décharge de pression dimensionné pour le cas feu.

La sortie de la soupape doit être l'air libre ou peut être connectée à un dispositif de récupération et de traitement de l'ammoniac ou à une torchère.

Le transfert de liquides (canalisations, pompes et compresseurs)

Ce chapitre aborde toutes les opérations de transferts par canalisations, y compris les phases de dépotage.

Parmi les points les plus intéressants sont repris ci-dessous :

- Le personnel doit être habilité.
- Les pompes et les compresseurs doivent être conçus pour l'ammoniac
- Des vannes d'arrêt doivent être positionnées au plus près des pompes.

Les lignes de chargement pour les réservoirs non réfrigérés doivent être protégées par des clapets anti-retour, et les lignes de déchargement doivent être équipées de vannes d'arrêt en cas de débit excessif.

La norme donne des recommandations en termes de clapet anti-retour et vanne excès de débit : « loading lines for nonrefrigerated containers shall be protected by a suitable back-flow check valve, and unloading lines for nonrefrigerated containers shall be protected by a suitable in-line excess flow valve »

La mesure de niveau

La norme indique que tous les réservoirs qui ne sont pas remplis par poids doivent être équipés d'une mesure de niveau de liquide approprié.

La limite de remplissage est fixée à 85%.

Chapitre 6 : Systèmes non réfrigérés

La norme fournit des informations sur la conception des réservoirs et ses équipements, en complément des prescriptions déjà édictées au chapitre 5.

Les vannes

La norme indique au paragraphe 5.5.3 que toutes les connexions au stockage autres que les piquages pour les soupapes de sécurité ou instrumentation doivent être équipées de vanne d'arrêt.

Toutes les connexions vapeur et liquide (excepté celles connectées aux soupapes de sécurité) doivent être équipées de vannes de sectionnement à excès de débit. Une autre possibilité est la mise en place de vannes internes à fermeture rapide.

La mesure de niveau

Des mesures de niveau doivent équiper le réservoir : « fixed maximum liquid level gauges shall be designed and installed to indicate a volumetric level not to exceed 85 % of the container's water capacity »

Les soupapes de sécurité

Chaque réservoir doit être équipé d'au moins une soupape de sécurité. L'échappement de la soupape doit déboucher dans une zone sécurisée.

Pour les réservoirs enterrés, et en cas de risque d'inondation, cet échappement doit être au dessus du niveau d'eau.

La protection des réservoirs

Les réservoirs doivent être protégés par des barrières pour éviter toute collision avec des engins ou des véhicules.

Chapitre 7 : le stockage réfrigéré

Le chapitre 7 traite du cas particulier des stockages réfrigérés. Les informations qui sont présentées viennent en complément du chapitre 5.

De nombreuses informations – qui ne sont pas reprises ici – concernent la conception des réservoirs (nature de l'acier, pression de conception, etc.). La norme renvoie explicitement à l'API 620 pour la conception des réservoirs.

Installation des réservoirs de stockage

La norme développe des prescriptions relatives aux fondations et aux pieds du réservoir.

L'aire entourant un réservoir doit être équipée d'un drainage, d'une rétention ou d'un dispositif de confinement secondaire afin de collecter les éventuelles fuites liquides dans l'environnement.

Si une rétention est utilisée, sa capacité doit être de 110% de la capacité du réservoir. Ses murs devront avoir une largeur d'au moins 0,6 m.

Les vannes

Des vannes doivent être installées sur toutes les connexions, exception faite des soupapes de sécurité.

Si la connexion liquide est installée en dessous du niveau maximum, celle-ci devra comporter un clapet anti-retour.

De même, des vannes de sécurité actionnables à distance doivent être installées sur toutes les connexions situées en dessous du niveau maximum de liquide.

Les mesures de niveau

Les réservoirs doivent être équipés d'une mesure de niveau et d'une alarme de niveau haut.

La prévention de la surpression / dépression

Les réservoirs doivent être pourvus d'au moins une soupape de sécurité.

Les réservoirs doivent être protégés de la surpression par la présence de soupapes de sécurité.

Celles-ci doivent être dimensionnées afin d'évacuer la surpression engendrée par (1) une exposition au feu OU (2) une mise en défaut de la réfrigération. Pour ce dernier cas, la norme indique les causes qui peuvent l'expliquer :

- Défaillance du système de refroidissement d'eau,
- Perte d'énergie,
- Perte d'air comprimé,
- Défaut mécanique,
- Marche excessive des pompes,
- Changement des conditions météorologiques.

L'échappement de la soupape doit déboucher dans une zone sécurisée.

Les réservoirs doivent être équipés de dispositifs casse - vide.

La protection des réservoirs

Les réservoirs doivent être protégés par des barrières pour éviter toute collision avec des engins ou des véhicules.

La réfrigération

La norme indique que « plus d'un réservoir peut être réfrigéré par le même système de réfrigération ». Il n'y a donc pas d'imposition pour la sécurisation de la réfrigération.

Les compresseurs

Ils doivent au minimum au nombre de deux.

Les compresseurs doivent pouvoir être secourus par une source électrique secondaire.

Chapitres 8 à 11 : Les réservoirs servant au transport

Les chapitres 8 à 11 traitent des réservoirs d'ammoniac transportés sur des camions.

Chapitre 12 : Les applications agricoles

Le Chapitre 12 s'intéresse aux applications agricoles de l'ammoniac.

HS(G) 30

Références : Storage of anhydrous ammonia under pressure in the UK: spherical and cylindrical vessels

Date du document : 1986

Langue : Anglais

Nombres de pages :

(1-20)

(20-50)

(50-100)

(> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique

Stockages semi réfrigéré

Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Contenu des principaux chapitres

Section : « information générale »

Dans cette section, le guide aborde les notions de dangers liés à l'ammoniac, et rappelle les seuils de toxicité et les limites d'explosibilité.

Section : « réservoirs sphériques » - Stockages semi-réfrigérés

Le guide précise que les sphères doivent être situées « le plus loin possible des aires résidentielles, des immeubles, routes, voies ferrées et aéroports, en tenant compte de la direction du vent ». Dans tous les cas, l'installation d'une sphère doit faire l'objet d'un permis d'installation

En cas de proximité avec des routes ou voies ferrées, des barrières de sécurité doivent être installées pour éviter le risque de collision par un véhicule. De plus, les sphères ne peuvent pas être installées à moins de 25 mètres des routes et voies ferrées à grand trafic.

De même, il est préconisé que les sphères ne soient pas positionnées à proximité des aéroports.

Les sphères ne doivent pas pouvoir être impactées par un effet domino (effet thermique, de surpression ou projectile).

Conception des sphères

Le guide précise que les sphères doivent être conçues au minimum selon la norme BS 5500. Il donne également des recommandations en terme de matériaux de construction, et de supportage des sphères.

La surpression et le vide

Les sphères doivent être équipées d'au moins deux soupapes de sécurité. Les échappements de ces soupapes doivent être réalisés de façon à ne présenter aucun danger pour les personnes qui se trouveraient sur la plate-forme supérieure.

Si les sphères ne résistent pas au vide, une vanne casse – vide doit être installée.

Une vanne d'isolement doit être installée entre la sphère et chaque soupape de sécurité et il est précisé dans le guide qu' « un système devrait être installé afin que chaque vanne puisse être isolée à tout moment ».

Les niveaux

Les sphères doivent être équipées d'au moins deux mesures de niveau indépendantes.

Une alarme de niveau haut doit être installée indépendamment des autres mesures de niveau.

Les vannes en fond de sphère

Tous les piquages en fond de sphère doivent être équipés de vannes internes à sécurité positive actionnables à distance.

La cuvette de rétention

Une cuvette de rétention d'au moins un mètre de haut doit être installée. Elle doit pouvoir au moins contenir 20 % de la contenance de la sphère. Son autre utilité est de protéger la sphère des chocs avec un véhicule.

Les équipements auxiliaires

Des prescriptions assez générales sont données sur les pompes et les canalisations. Les installations de réfrigération ne sont pas traités dans le guide.

Les phases de démarrage et d'arrêt, et l'inspection

Le guide propose une série de sécurités (techniques et organisationnelles) à mettre en œuvre lors des phases de démarrage et d'arrêt.

Le guide se poursuit sur la prévention de la corrosion (corrosion fissurante sous tension, etc.), sur les différents moyens de prévenir la corrosion (concentration en oxygène, etc.) et sur les différentes inspections qui doivent être réalisées avant la mise en service et pendant l'exploitation.

Le chapitre relatif aux réservoirs sphériques se termine sur le plan d'urgence.

Section : « réservoirs cylindriques » - Stockage à température ambiante

Localisation

Le guide précise que les réservoirs cylindriques doivent être installés aussi loin que possible des zones résidentielles et immeubles publics, et au minimum aux distances suivantes :

Jusqu'à une capacité de 100 tonnes : distance de 250 m,

Au-delà de 100 tonnes : distance de 500 m.

Si le stockage est réalisé dans un bâtiment, celui-ci devra permettre de canaliser les éventuelles à l'extérieur sans exposer les postes des travailleurs.

Les réservoirs doivent être positionnés dans une zone exempte d'effets dominos. De même ils doivent être protégés des collisions avec véhicules.

Conception des réservoirs

Le guide précise que les réservoirs doivent être conçus au minimum selon la norme BS 5500. Il donne également des recommandations en terme de matériaux de construction, de supportage et de paramètres de conception :

- « design pressure : any vessel used for ambient temperature storage should be designed for a pressure of net less than 15.5 bar absolute. However, if a vessel is not primarily a storage vessel and forms part of an integrated process it may be designed for a lower duty provided it is adequately protected from being overpressurised »
- Design temperature : the minimum design temperature should be the lowest temperature the vessel can achieve in service. Preferably this should be taken as minus 33 °C but in no case should be taken as warmer than minus 10°C »

Tous les piquages principaux doivent être équipés de vannes à sécurité positive.

Le guide donne des indications sur la mise en place des vannes et autres dispositifs de sécurité :

- « any branches, including dip pipes, entering the vessel below the normal maximum liquid level should be protected by remote operated emergency shut off valves, except in the case of small bore pipes to contents, gauges, etc, within the protected area of the vessel site. These shut-off valves should preferably be mounted directly on the appropriate nozzle with no intermediate pipework. However, where this is impractical, the outlet pipework should be kept as short as possible and the pipework and valve constructed in an austenitic stainless steel »

La hauteur de rejet des soupapes de sécurité doit être au minimum de 5 mètres supérieure au point le plus haut du réservoir.

Les niveaux

Chaque réservoir cylindrique doit être équipé d'au moins un indicateur de niveau.

La cuvette de rétention

La cuvette de rétention n'est pas obligatoire compte tenu de son inefficacité en cas de fuite du réservoir. Il est simplement recommandé d'avoir une pente en dessous du réservoir afin de collecter les éventuelles fuites liquides.

Les équipements auxiliaires

Des prescriptions assez générales sont données sur les pompes et les canalisations.

Les phases de démarrage et d'arrêt, et l'inspection

Le guide propose une série de sécurité (techniques et organisationnelles) à mettre en œuvre lors de phase de démarrage et d'arrêt.

Le guide se poursuit sur les différentes inspections qui doivent être réalisées avant la mise en service et pendant l'exploitation.

PGS 12

Références : Publication du VROM

Date du document : Juillet 2005

Langue : Néerlandais

Nombres de pages :

(1-20)

(20-50)

(50-100)

(> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique

Stockage semi réfrigéré

Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Contenu des principales parties

 **1. Introduction**

 **2. Définitions**

 **3. Informations sur le produit**

 **4. Mesures de sécurité**

 **5. Prescriptions pour le transport des matières dangereuses**

6. Le stockage d'ammoniac liquide dans des réservoirs fixes

Voici la traduction du sommaire du chapitre 6.

La construction de réservoirs de stockage fixes pour l'ammoniac liquide sous pression :

- Contenu et taux de remplissage
- Pression, épaisseur de paroi et surépaisseur pour la corrosion
- Température
- Choix du matériau
- Liaisons soudées
- Construction
- Nombre et emplacement des piquages
- Trou d'homme
- Brides
- Joint de bride
- Emplacement des vannes
- Plaque
- Supports
- Finition et isolation
- Mise à la terre

:

La construction de réservoirs de stockage fixes pour l'ammoniac liquide réfrigéré :

- Exigences de conception
- Formes de construction
- Code de conception
- Contenu et taux de remplissage
- Pressions d'épreuve
- Pression hydrostatique
- Tension de design
- Surépaisseur de corrosion
- Température
- Choix du matériau
- Liaisons soudées
- Résistance aux influences externes
- Epreuve
- Construction
- Nombre et emplacement des piquages
- Trous d'homme
- Brides et joint de bride
- Toit du réservoir

- Supports et fondations
- Réservoir extérieur
- Système de chauffage dans les fondations
- Système d'isolation
- Mise à la terre
- Tuyauterie de refroidissement
- Plaque

Accessoires d'un réservoir de stockage d'ammoniac liquide :

- Exigences de conception
- Pression
- Température
- Choix du matériau
- Liaisons soudées
- Construction
- Tuyauteries
- Flexibles
- Connexions
- Brides
- Instrumentation
- etc.

La réalisation et le maintien en état d'un réservoir de stockage avec accessoires :

- Mise en service
- Exploitation
- Tests
- Inspection
- Modifications et réparations
- Enregistrement

 7 Installation de chargement et déchargement pour camions-citernes

 8. Installation de chargement et déchargement pour wagons-citernes

 9 Installation de chargement et déchargement pour navires de mer et de navigation intérieure

 10 Prescriptions de sécurité pour le transport de l'ammoniac dans l'agriculture

 **Annexe 1: Prescriptions pour le contrôle lors du chargement de citernes avec des gaz liquéfiés sous pression**

 **Annexe 2: Normes**

NF EN 14620

Références : Conception et fabrication de réservoirs en acier à fond plat, verticaux, cylindriques, construits sur site, destinés au stockage des gaz réfrigérés, liquéfiés, dont les températures de service sont comprises entre 0°C et -165°C partie 2 et 5

Date du document : décembre 2006

Langue : Français

Nombres de pages :

(1-20)

(20-50)

(50-100)

(> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique

Stockage semi réfrigéré

Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Structure de la 1^{ère} partie de la norme :

 Choix du concept

 Assurance qualité et contrôle qualité

 Plan pour la santé, sécurité et l'environnement

 Considérations générales relatives à la conception

 Inspection et maintenance

Structure de la 2^{ème} partie de la norme :

 Domaine d'application.

 Liste des références normatives.

 Termes et définitions

 Matériaux

 Conception

 Soudage

 Contrôle : Ce chapitre détaille les types d'examens possibles sur les soudures

 Annexe A : Actions sur les membranes.

 Annexe B : détermination des courbes de charge et de fatigue sur la membrane.

Structure de la 5^{ème} partie de la norme :

 Domaine d'application.

 Liste des références normatives.

 Termes et définitions

 Essais hydrauliques et pneumatiques

 Séchage, inertage et mise en froid

 Arrêt

 Annexe A : la mise en froid du réservoir

EFMA WAGON

Références : Guidance for transporting ammonia by rail

Date du document : 2007 (2nd version)

Langue : Anglais

Nombres de pages :

(1-20)

(20-50)

(50-100)

(> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique

Stockage semi réfrigéré

Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Structure du document:

Il est composé des 12 parties suivantes :

- Introduction
- Propriétés et classement de l'ammoniac
- Conception et construction de wagons
- Marquage et affichage
- Recommandations pour la location et la maintenance des wagons
- Equipements de protection individuelle
- Opérations de chargement et de déchargement
- Transport
- Audits
- Réponse d'urgence
- Questions réponses
- Références

API 620

Références : Design and construction of large, welded, low-pressure storages tanks

Date du document : 1997

Langue : Anglais

Nombres de pages :

(1-20)

(20-50)

(50-100)

(> 100)

Critères de classement :

Document utile pour :

La conception

L'exploitation

Document qui traite des systèmes suivants :

Stockage cryogénique

Stockage semi réfrigéré

Stockage sous pression

Poste de chargement et de déchargement

Utilité du document :

Pour la réalisation ou la vérification d'une analyse de risques

Pour la définition des mesures de prévention

Pour la définition de mesures de protection

Pour la définition des dispositifs techniques

Pour le contrôle par les autorités

Pour l'inspection par les industriels

Structure du document :

📖 Le champ du document,

📖 Liste des documents cités dans l'API 620

📖 Les définitions

📖 Les matériaux

📖 La conception

📖 La fabrication

📖 L'inspection

📖 Le marquage

📖 Les équipements de pression et de mise au vide

Annexe 4 :
Fiche d'inspection extraite
du guide canadien

Liste de contrôle d'inspection quotidienne des engrais ammoniac anhydride

Tous les rubriques indiquées sur la liste de contrôle d'inspection doivent être passés en revue. Si une rubrique satisfait aux exigences, on indique la date à laquelle la rubrique a été passée en revue. Si un point n'est pas conforme, on fait une croix dans la colonne appropriée en indiquant les actions à mener et une date d'achèvement.

Rubrique	Inspections pendant la semaine :						
	Lun	Mar	Mer	Jeu	Ven	Sam	Dim
Propreté							
Réponse des équipements de sécurité/urgence							
Eclairage/Manche à air							
Condition des tuyaux							
Condition des vannes							
Condition des jauges							
Equipements de stockage							
Sécurité du site/marquage							
Réservoirs d'eau							
Zone de circulation dégagée							

Actions par rubriques

Action par rubrique	Date d'achèvement

Inspection annuelle de l'ammoniac anhydride

Localisation :

Date :

Inspecteur :

Satisfait aux exigences

A besoin d'attention

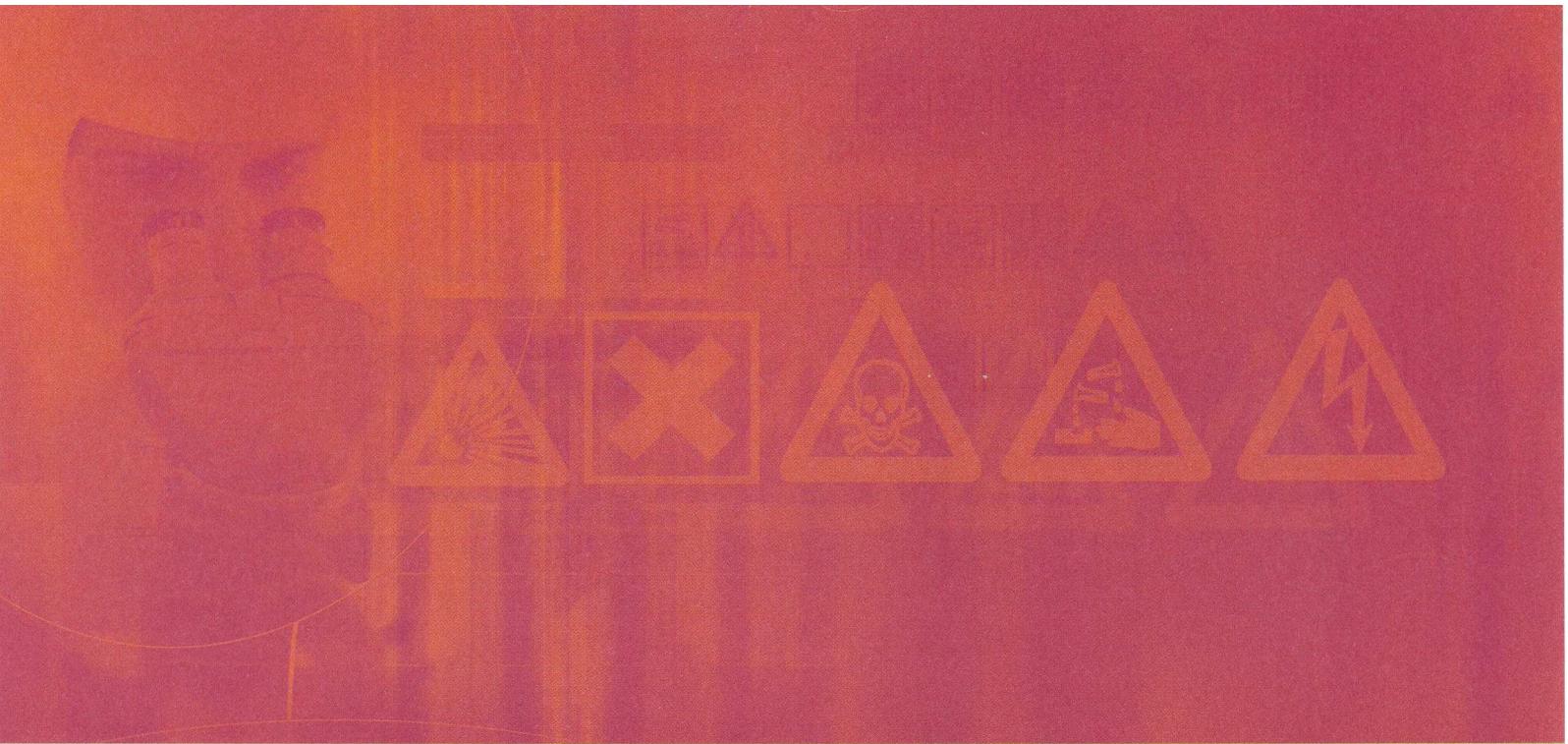
Pas applicable

<p>Site :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Consigne de sécurité <input type="checkbox"/> Clôture <input type="checkbox"/> Eclairage extérieur <input type="checkbox"/> Réservoir d'eau de secours <input type="checkbox"/> Manche à air 	<p>Société de livraison :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Extincteurs <input type="checkbox"/> Trousse de premier secours <input type="checkbox"/> Signalisation <input type="checkbox"/> Manuel des procédures de sécurité d'exploitation <input type="checkbox"/> Tuyaux et vannes <input type="checkbox"/> Kit de sécurité routier <input type="checkbox"/> Cale de roue <input type="checkbox"/> Equipement de communication <input type="checkbox"/> Collyre <input type="checkbox"/> Masque à gaz <input type="checkbox"/> Approvisionnement en eau <input type="checkbox"/> Bons de livraison multiples <input type="checkbox"/> Soupapes de sécurité <input type="checkbox"/> Jauges 	<p>Applicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Coupleur rapide <input type="checkbox"/> Tuyaux <input type="checkbox"/> Jauges
<p>Les abords :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Contrôle des mauvaises herbes et la pelouse <input type="checkbox"/> zone de circulation <input type="checkbox"/> les lignes haute tension <input type="checkbox"/> Propreté 	<p>Véhicule de remorquage :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Extincteurs <input type="checkbox"/> Trousse de premier secours <input type="checkbox"/> Masque à gaz <input type="checkbox"/> Marquage et signalisation <input type="checkbox"/> Approvisionnement en eau pour les camions <input type="checkbox"/> Manuel des procédures de sécurité d'exploitation <input type="checkbox"/> Kit de sécurité routier <input type="checkbox"/> Cale de roue <input type="checkbox"/> Equipement de communication 	<p>Lieu de dépotage</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Marquage et signalisation <input type="checkbox"/> Code de couleur <input type="checkbox"/> Approvisionnement en eau <input type="checkbox"/> Kit de sûreté <input type="checkbox"/> Tuyaux et vannes <input type="checkbox"/> Chaînes de sûreté <input type="checkbox"/> Etat des pneus <input type="checkbox"/> Jauges <input type="checkbox"/> Soupapes de sécurité
<p>Bureau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Eclairage et électricité <input type="checkbox"/> Extincteurs <input type="checkbox"/> Trousse de premier secours <input type="checkbox"/> Plan d'évacuation d'urgence <input type="checkbox"/> Liste des numéros d'urgence <input type="checkbox"/> Equipement de sécurité <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Manuels de sécurité 		<p>Réservoir de stockage :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Marquage <input type="checkbox"/> Code de couleur <input type="checkbox"/> connexions breakaway <input type="checkbox"/> Tuyaux et vannes <input type="checkbox"/> Jauges <input type="checkbox"/> Vanne d'arrêt d'urgence <input type="checkbox"/> Soupape de sécurité <input type="checkbox"/> Eclairage et électricité <input type="checkbox"/> Purge d'urgence du Conteneur
<p>Sécurité du personnel :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Chaussure de sécurité <input type="checkbox"/> Casques <input type="checkbox"/> Lunettes <input type="checkbox"/> Masques <input type="checkbox"/> Veste de protection 		

Annexe 5 :
Fiche d'inspection extraite
du guide wallon

(DE)CHARGEMENT: camions & wagons-citernes	OK/NOK
Indication des dangers de l'ammoniac	
Indication de l'interdiction de feu sur les chemins d'accès	
Surveillance continue durant le (dé)chargement	
Présence d'un câble de mise à la terre	
Présence de cales	
Présence d'un ridoir / d'un break-away	
Girouette ou manche à air bien visible	
Présence d'arrêts d'urgence	
Présence d'un parking pour les camions en attente de (dé)chargement	
Protection suffisante vis à vis du trafic durant le (dé)chargement	
Présence de fondations solides (l'eau ne peut pas s'accumuler)	
Douches protégées contre le gel + rince-œil à 2 endroits différents	
(DE)CHARGEMENT: bateaux	OK/NOK
Indication des dangers de l'ammoniac à l'entrée (25 m du lieu de (dé)chargement)	
Indication de l'interdiction de feu aux chemins d'accès	
Surveillance continue durant le (dé)chargement	
Présence d'un câble de mise à la terre/d'une liaison équipotentielle	
Présence d'un break-away/d'un câble de rupture	
Présence d'arrêts d'urgence	
Présence d'hydrants à proximité du quai de (dé)chargement	
Douches protégées contre le gel + rince-œil à 2 endroits différents	
RESERVOIRS DE STOCKAGE A L'AIR LIBRE	OK/NOK
Pas de regards ni d'indicateurs de niveau en verre	
Réservoir recouvert d'une couche de peinture reflétant le rayonnement	
Réservoir mis à la terre (pas de fil de cuivre là où le contact avec du NH3 est possible)	
Protection suffisante vis à vis du trafic	
Pas de matériau combustible dans un rayon de 3 m autour du réservoir	
Présence de panneaux indiquant l'interdiction de feu	

Présence de panneaux indiquant les dangers de l'ammoniac	
Présence d'hydrants à 25 m	
Girouette ou manche à air bien visible	
Présence d'un encuvement en bon état	
RESERVOIRS DE STOCKAGE DANS DES BATIMENTS FERMES	OK/NOK
Portes à fermeture automatique	
Les fenêtres ne savent pas s'ouvrir	
Pas d'ouverture en liaison libre avec d'autres espaces où le danger de fuite d'ammoniac n'existe pas	
Masque intégral individuel avec filtre adapté (K)	
Pas de stockage de produits combustibles	
Pas de soupapes de sécurité évacuant dans le local	
Sol en pente vers une capacité de rétention suffisante	
TUYAUTERIES	OK/NOK
Marquage des tuyauteries d'ammoniac (produit, sens du flux)	
Isolation en bon état	
MATERIEL D'INTERVENTION	OK/NOK
Pas de présence d'extincteur au halon dans la zone de stockage ou de(dé)chargement de l'ammoniac	
Intervention : combinaison étanche au gaz et appareil respiratoire autonome (2 équipements au min.)	



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>