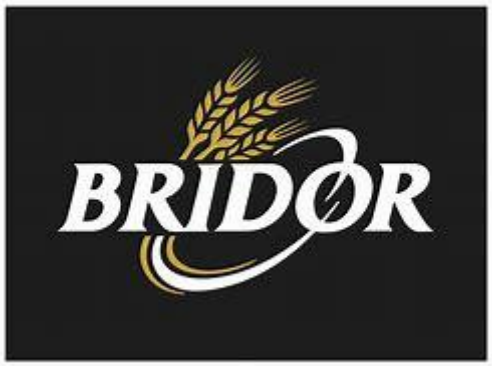
CONSEIL INDEPENDANT
EN ENVIRONNEMENT



à FALAISE (14700)

DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

Augmentation de la capacité de production et construction de nouveaux bâtiments dédiés à l'activité

-

PIECE N°6 : Etude de dangers

GES n° 23105 Juin 2025

AGENCE OUEST
5, rue des Basses Forges
35530 NOYAL-SUR-VILAINE
Tél. 02 99 04 10 20
Fax 02 99 04 10 25
e-mail : ges-sa@ges-sa.fr

AGENCE NORD-EST
80 rue Pierre-Gilles de Gennes
02000 BARENTON BUGNY
Tél. 03 23 23 32 68
Fax 09 72 19 35 51
e-mail : ges-laon@ges-sa.fr

AGENCE EST
870 avenue Denis Papin
54715 LUDRES
Tél. 03 83 26 02 63
Fax 03 26 29 75 76
e-mail : ges-est@ges-sa.fr

AGENCE SUD-EST-CENTRE
139 impasse de la Chapelle - 42155
ST-JEAN ST-MAURICE/LOIRE
Tél. 04 77 63 30 30
Fax 04 77 63 39 80
e-mail : ges-se@ges-sa.fr

AGENCE SUD-OUEST
Forge
79410 ECHIRÉ
Tél. 05 49 79 20 20
Fax 09 72 11 13 90
e-mail : ges-so@ges-sa.fr

ORGANISATION DU DOSSIER

- Pièce 1 : Description du projet
- Pièce 2 : Note de présentation non technique du projet
- Pièce 3 : Justification de la maîtrise foncière
- Pièce 4 : Parcelles concernées par le projet
- Pièce 5-1 : Étude d'impact sur l'environnement et Évaluation des Risques Sanitaires
- Pièce 5-2 : Annexes de l'étude d'Impact
- Pièce 5-3 : Mémoire résumé non technique de l'étude d'impact
- **Pièce 6 : Étude des dangers, résumé non technique et annexes**
- Pièce 7 : Capacités techniques et financières
- Pièce 8 : Plans

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION 10

1.1 DÉMARCHE RÉGLEMENTAIRE 10

1.2 MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DU RISQUE 13

2 IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES POTENTIELS DE DANGERS 15

2.1 OBJECTIFS 15

2.2 PRÉSENTATION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT 16

2.3 ANALYSE DES ACCIDENTS CONNUS ET ENSEIGNEMENTS RETENUS 22

2.4 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS EXTERNES 26

2.5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS INTERNES 33

3 ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DES CONSEQUENCES REDOUTÉES 49

3.1 OBJECTIFS 49

3.2 DEFINITION DES EFFETS DOMINOS 49

3.3 MESURES AYANT UNE INFLUENCE SUR LA SÉCURITÉ 49

3.4 ÉVALUATION PRELIMINAIRE DES CONSEQUENCES REDOUTÉES 68

3.5 SÉLECTION DES EVENEMENTS REDOUTES 78

4 ANALYSE DÉTAILLÉE DES RISQUES 80

4.1 OBJECTIFS 80

4.2 ÉVÉNEMENTS REDOUTES SÉLECTIONNES 80

4.3 PROBABILITÉ D'OCCURENCE 80

4.4 ÉVALUATION DE LA GRAVITE DES CONSEQUENCES 86

4.5 GRILLE DE CRITICITÉ 107

LISTE DES ANNEXES 109

RESUME NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS

BRIDOR prévoit l'extension de son site à Falaise (14700). BRIDOR est spécialisé dans la production de produits de boulangerie, viennoiserie et pâtisserie surgelés.
Le projet d'augmentation de l'activité est autorisé par l'arrêté préfectoral du 23/08/2005 complété par l'arrêté préfectoral complémentaire du 08/04/2024. La capacité de production sera augmentée à 326 t de produits finis par jour via la création de nouvelles lignes de production.

La démarche retenue pour l'étude de dangers, qui s'appuie sur l'Analyse Préliminaire des Risques et le projet Européen ARAMIS, comprend 3 étapes :

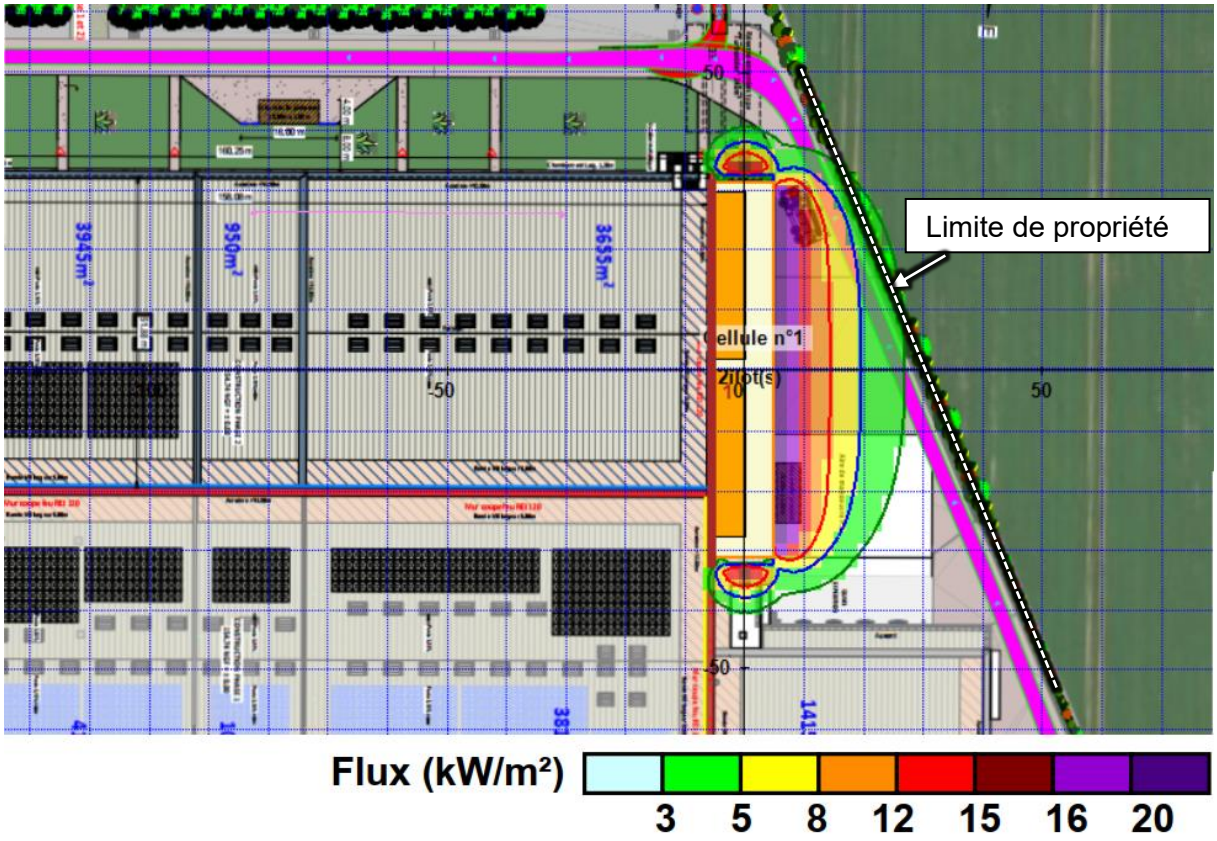
Étape n°1 : Identification et caractérisation des potentiels de dangers
Étape n°2 : Évaluation préliminaire des conséquences associées aux événements redoutés
Étape n°3 : Analyse détaillée de la probabilité d'occurrence et de la gravité des conséquences

Au terme des deux premières étapes, les scénarios suivants ont été sélectionnés pour une analyse détaillée car ils constituent les principales sources de danger identifiées :

- Scénario n°5 – incendie de l'auvent palettes ;
- Scénario n°6 – incendie de la chambre froide de stockage des produits finis ;
- Scénario n°18 – fuite de gaz dans l'installation ammoniac ;
- Scénario n°22 – explosions des silos de stockage de farine ;

Pour chacun de ces scénarios, les principales conclusions sont reprises ci-après :

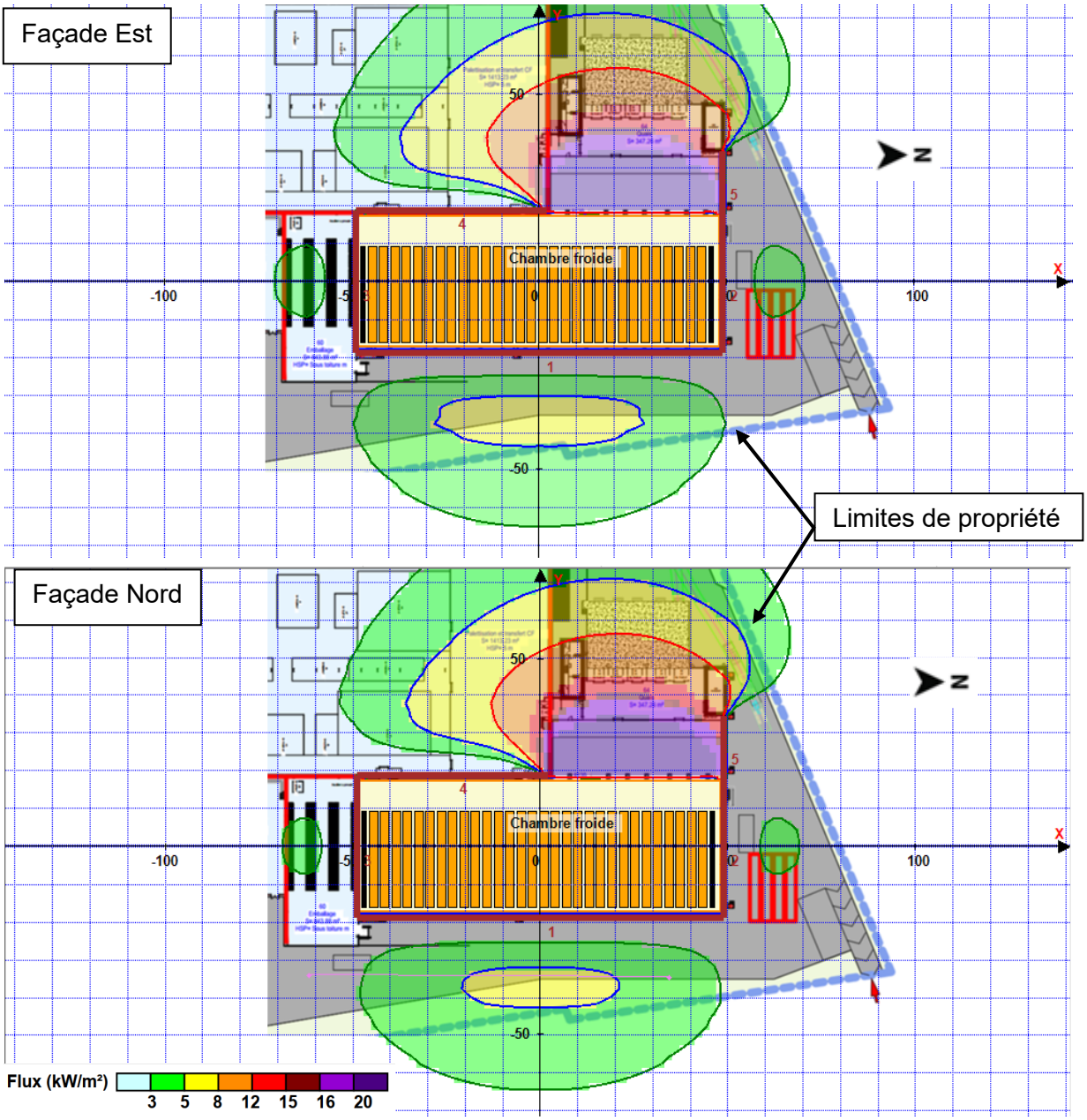
Localisation des zones des effets thermiques de l'auvent palettes – scénario 5



Aucun effet thermique létal ou irréversible n'est perçu en dehors des limites de propriété.

L'incendie de la chambre froide a été modélisé de façon à prendre en compte l'effet réel des murs coupe-feu. En effet, l'incendie ayant une durée de 110 min, les murs coupe-feu 120min permettent de contenir l'incendie. Seuls les flux thermiques des flammes atteignant la hauteur du mur coupe-feu sont alors étudiés. Deux scénarios sont donc présentés : modélisation des murs coupe-feu de la façade Est puis de la façade ouest.

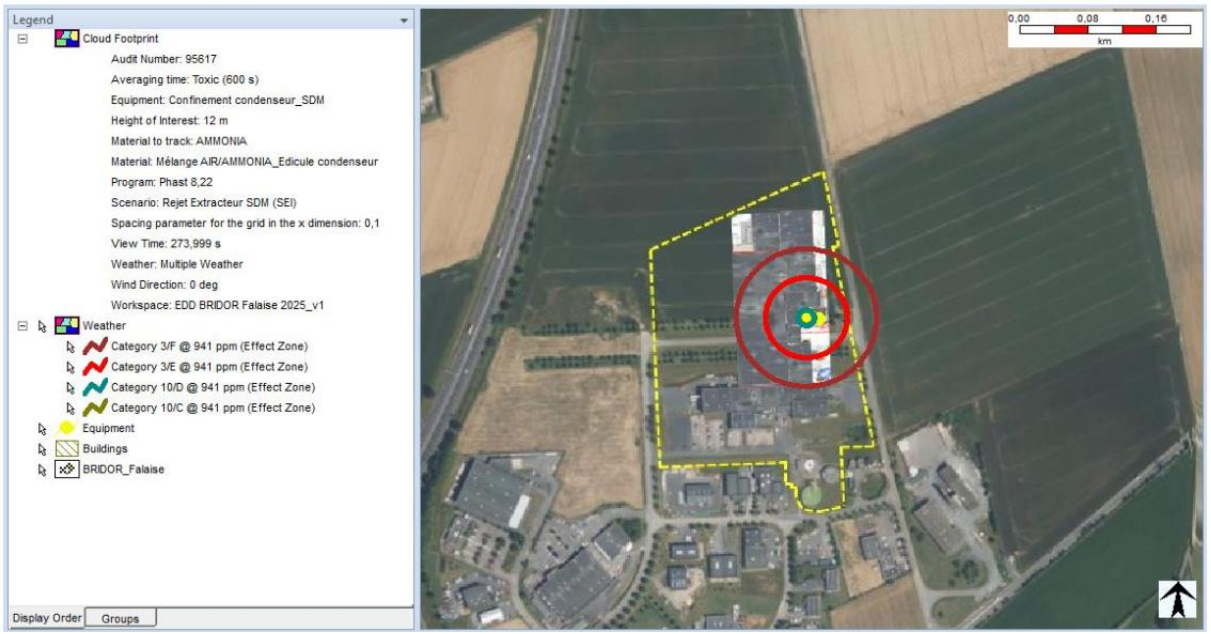
Localisation des zones des effets thermiques de la chambre froide – scénario 6



Aucun effet thermique létal ou irréversible n'est perçu en dehors des limites de propriété.

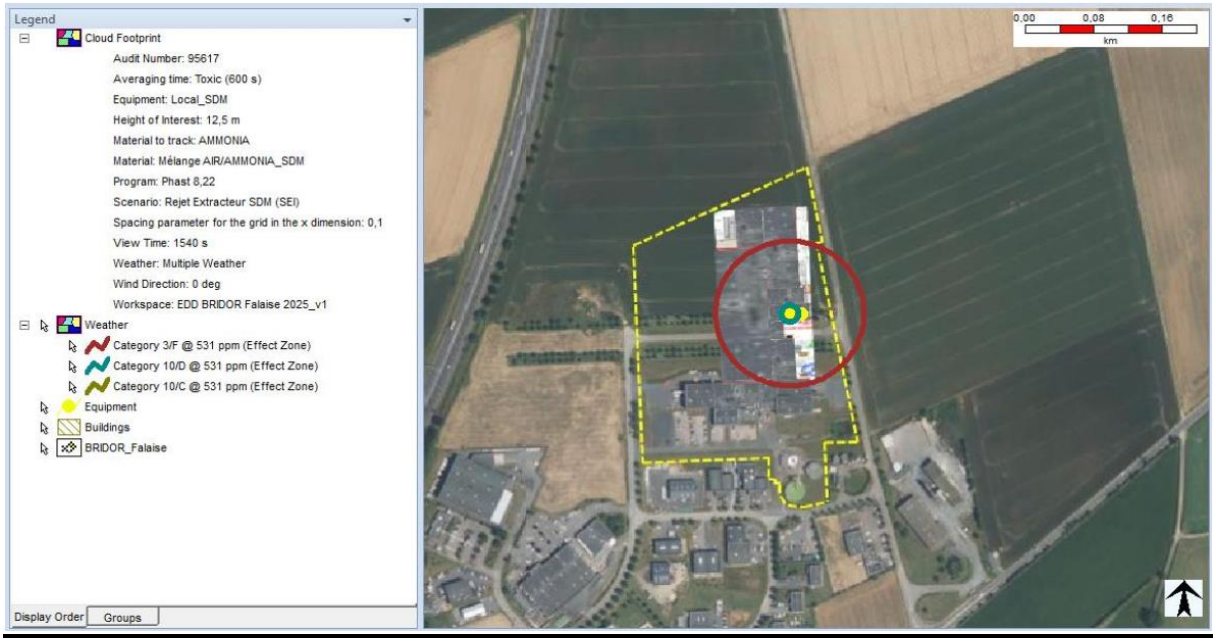
Localisation des rejets ammoniac – scénario 18

18-11 fuite liquide HP (extracteur)



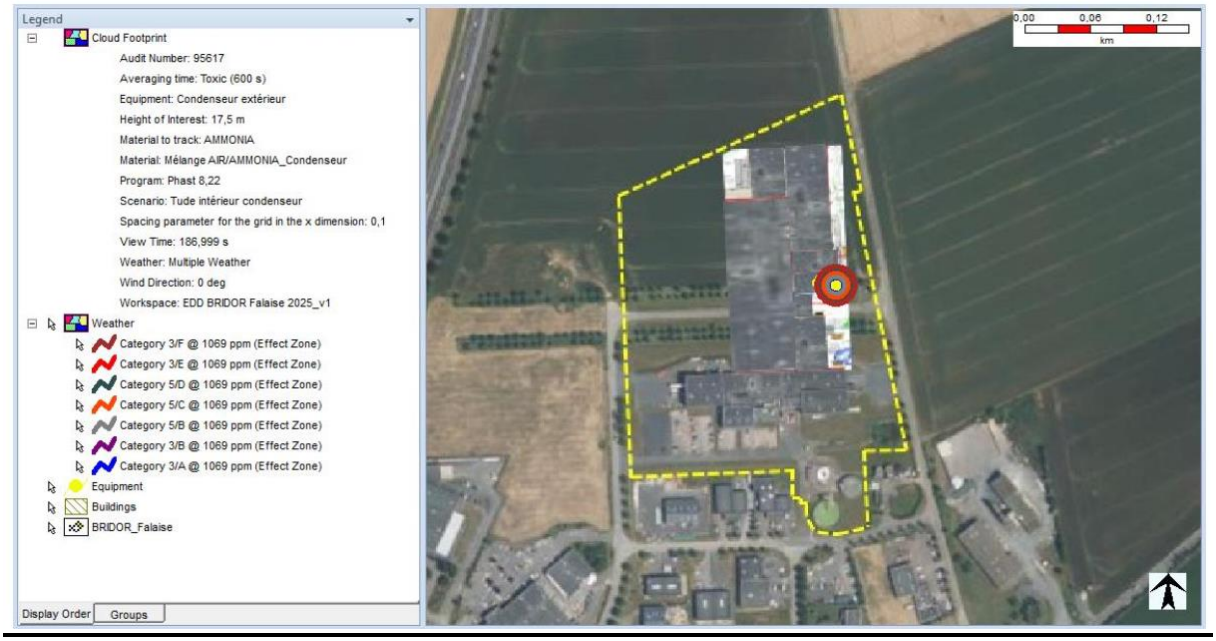
Le rejet dépasse les limites de propriété mais la hauteur du rejet n'engendre pas d'effet indésirable au sol.

18-13 fuite liquide installation à l'arrêt



Le rejet dépasse les limites de propriété mais la hauteur du rejet n'engendre pas d'effet indésirable au sol.

18-14 fuite liquide HP (tube condenseur)



Le rejet ne dépasse pas les limites de propriété de BRIDOR.

18-15 incendie - soupapes de sécurité [scénario maximal : émission de 100 % de l'ammoniac]

Le rejet dépasse les limites de propriété mais la hauteur du rejet n'engendre pas d'effet indésirable au sol.

Tableau 1-1 : Distance d'effet en cas d'explosion de silo (distance en mètres)

Zones	Scénario 22 Silo de farine 60 t – 100 m³	
	Rayon calculé au niveau du toit du silo	Rayon calculé au niveau du sol
Zone des dégâts très graves sur les structures (300 mbar)	8,4 m	NA
ZELS : Zone d'Effet Létaux Significatifs : zone de danger très grave pour la vie humaine (200 mbar) Seuils des effets dominos	9,6 m	NA
ZEL : Zone d'Effets Létaux : zone de danger grave pour la vie humaine (140 mbar) Seuil des dégâts graves sur les structures	15,0 m	NA
ZEI : Zone d'effets irréversibles : zone de danger significatif pour la vie humaine (50 mbar) Seuils des dégâts légers sur les structures	33,0 m	27,5 m
Zone d'effets des bris de vitre (équivalent à deux fois la distance de la zone d'effets irréversibles)	66,0 m	63,4 m

Les silos sont situés à 59 m (phase 1) et 35 m (phase 2) des limites de propriété.
L'ensemble des zones d'effets létaux ou irréversibles est ainsi confiné au sein des limites de propriété.

Conclusions de l'étude de dangers

La synthèse des cotations de gravité et de probabilité des scénarios étudiés est présentée ci-dessous. Ils sont représentés dans la grille de criticité conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005.

Synthèse couple probabilité/gravité

	N° de scénario	Local	Effet thermique	Effet de surpression	Effet toxique
Scénarii d'incendie	5	Auvent palette	C/1		
	6	Chambre froide – stockage de produits finis	C/1		
Ammoniac	18-11	Rupture guillotine de la tuyauterie HP vapeur en aval du condenseur			D/1
	18-13	Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en amont des pompes ammoniac			D/1
	18-14	Rupture guillotine d'un tube interne au condenseur			D/1
	18-15	Effet domino – incendie en SDM			D/1
Silos	22	Explosion silos farine	C/1		

Grille de criticité

Gravité		Probabilité				
		E	D	C	B	A
		Extrêmement peu probable	Très improbable	Improbable	Probable	Courant
5	Désastreuse					
4	Catastrophique					
3	Importante					
2	Sérieuse					
1	Modérée		N°18-11 N°18-13 N°18-14 N°18-15	N°5 N°6 N°22		

<u>Légende</u> :
- Zone rouge : risque inacceptable. Une modification du projet ou de nouvelles mesures de maîtrise des risques doivent être envisagées pour sortir de cette zone.
- Zone jaune : zones de mesures de maîtrise des risques : les risques sont jugés tolérables et seront acceptés seulement si l'exploitant a analysé toutes les mesures de maîtrise du risque envisageables et mis en œuvre celles dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus, soit en termes de sécurité globale de l'installation, soit en termes de sécurité pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement.
- Zone verte correspond à un risque résiduel, compte tenu des mesures de maîtrise du risque, modéré et n'impliquant pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident au titre des installations classées.

Les mesures d'organisation de la sécurité, de prévention et de protection de BRIDOR permettent d'atteindre un niveau de risque faible

1 INTRODUCTION

1.1 DÉMARCHE RÉGLEMENTAIRE

L'élaboration de l'étude des dangers découle principalement des dispositions combinées :

- du code de l'environnement (contenu de l'étude),
- des dispositions du décret modifié du 21 septembre 1977 (objectif de l'étude et paramètres à prendre en compte pour atteindre cet objectif) aujourd'hui codifié au sein du livre V de la partie réglementaire du code de l'Environnement aux articles R512-1 et suivants,
- de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation des conséquences des accidents potentiels dans les études des dangers des installations soumises à autorisation.

À défaut de textes établis pour la réalisation d'études des dangers spécifiques aux installations uniquement soumises à autorisation, nous avons utilisé d'autres principes ou éléments issus de textes élaborés dans le cadre de la réalisation des études des dangers spécifiques aux établissements SEVESO, bien que plus contraignants, pour réaliser la présente étude :

- Arrêté du 29 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation,
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées application de la loi du 30 juillet 2003.

Le code de l'environnement, dans son article L 512-1, détermine les lignes directrices de l'étude des dangers « qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents ».

L'objectif de l'étude des dangers est précisé à l'article R 512-9 du code de l'environnement, pris en application au titre 1er du Livre V du code de l'environnement. Selon ces dispositions, l'étude des dangers « *justifie que le projet permet d'atteindre un niveau de risque aussi bas que possible* ». Cet objectif doit être atteint au vu « *de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation* » et « *dans des conditions économiques acceptables* ».

Les dispositions de cet article rappellent en outre que « le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés aux articles L. 211-1 et L. 511-1. ».

GLOSSAIRE

Nous rappelons ci-dessous la signification des principaux termes usuels employés tels que définis dans la partie 3 de la circulaire du 10 mai 2010 :

Barrières de sécurité (= mesure de maîtrise des risques) de Prévention : Mesures visant à prévenir un risque en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux.

Barrières de sécurité (= mesure de maîtrise des risques) de Protection : Mesures visant à limiter l'étendue ou/et la gravité des conséquences d'un accident sur les éléments vulnérables, sans modifier la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux correspondant.
NB : des mesures de protection peuvent être mises en œuvre « à titre préventif », avant l'accident, par exemple un confinement. La maîtrise de l'urbanisation, visant à limiter le nombre de personnes exposées aux effets d'un phénomène dangereux, et les plans d'urgence visant à mettre à l'abri les personnes sont des mesures de protection.

Cinétique : Vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables. cf. articles 5 à 8 de l'arrêté du 29/09/2005.
L'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 distingue 2 niveaux :
- lente, lorsque le développement du scénario permet aux personnes extérieures au site de se protéger ;
- rapide, lorsque le développement du scénario ne permet pas aux personnes extérieures au site de se protéger.

Conséquences : Combinaison, pour un accident donné, de l'intensité des effets et de la vulnérabilité des cibles situées dans les zones exposées à ces effets.

Danger : Cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance (butane...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz, ...), à une disposition (élévation d'une charge), à un organisme (microbes), etc. de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable » [y sont ainsi rattachées les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, etc.].

Effet domino : Action d'un phénomène dangereux affectant une ou plusieurs installations d'un établissement qui pourrait déclencher un autre phénomène sur une installation ou un établissement voisin, conduisant à une aggravation générale des effets du premier phénomène.

Événement redouté central : Événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides.

Gravité : On distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences découlant de l'exposition de cibles de vulnérabilités données à ces effets. La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts visés à l'article L.511-1 du code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des personnes potentiellement exposées.

Intensité des effets d'un phénomène dangereux : Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils d'effets moyens conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou cibles] tels que « homme », « structures ». Elles sont définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non de cibles exposées. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils

Potentiel de danger : Système ou disposition adoptée et comportant un (ou plusieurs) danger(s) ; dans le domaine des risques technologiques, un "potentiel de danger" correspond à un ensemble technique nécessaire au fonctionnement du processus envisagé.
Ex : un réservoir de liquide inflammable est porteur du danger lié à l'inflammabilité du produit contenu, etc.

Phénomène dangereux (ou phénomène redouté) : Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29/09/2005, susceptibles d'infliger un dommage à des cibles (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger de l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages » (ISO/CEI 51).
Ex de phénomènes : « incendie d'un réservoir de 100 tonnes de fuel provoquant une zone de rayonnement thermique de 3 kW/m^2 à 70 mètres pendant 2 heures », feu de nappe, feu torche, BLEVE, Boil Over, explosion...

Probabilité d'occurrence : Au sens de l'article L.512-1 du code de l'environnement, la probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. Elle est en général différente de la fréquence historique et peut s'écarter, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.

Risques : « Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » (ISO/CEI 73) ». Dans le contexte propre au « risque technologique », le risque est, pour un accident donné, la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté/final considéré (incident ou accident) et la gravité de ses conséquences sur des éléments vulnérables. Le risque est la composante de deux paramètres : la « **gravité** » et la « **probabilité** » des accidents potentiels. Plus la gravité et la probabilité d'un événement sont élevées, plus le risque est élevé.

Vulnérabilité : La vulnérabilité d'une zone ou d'un point donné est l'appréciation de la sensibilité des éléments vulnérables [ou cibles] présents dans la zone à un type d'effet donné. Par exemple, on distinguera des zones d'habitats, des zones de terres agricoles, les premières étant plus vulnérables que les secondes face à un aléa d'explosion en raison de la présence de constructions et de personnes. (Circulaire du 02/10/03 du MEDD sur les mesures d'application immédiate introduites par la loi n° 2003-699 en matière de prévention des risques technologiques dans les installations classées).
(NB : zone d'habitat et zone de terres agricoles sont deux types d'enjeux. On peut différencier la vulnérabilité d'une maison en parpaings de celle d'un bâtiment largement vitré.)

1.2 MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DU RISQUE

La démarche retenue, qui s'appuie sur l'Analyse Préliminaire des Risques et le projet Européen ARAMIS, comprend 3 étapes :

1 – Etape n°1 : Identification et caractérisation des potentiels de dangers :

L'identification des dangers est le processus permettant de lister et caractériser les situations, les conditions ou les pratiques qui comportent en elles-mêmes un potentiel à causer des dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement. Cette première étape permet :

- d'identifier la nature interne ou externe des dangers,
- de définir la matérialisation de ces dangers,
- d'identifier les différentes circonstances ou menaces (internes ou externes) susceptibles de faire se matérialiser le danger (événements initiateurs),
- d'identifier les événements redoutés et les phénomènes dangereux associés,
- d'identifier les conséquences possibles suite à la survenance de ces événements redoutés.

Elle repose sur :

- l'analyse des caractéristiques environnementales du site (environnement humain, industriel, naturel) et des infrastructures extérieures (axes routiers, ferroviaires, …),
- le recensement des installations du site et leur configuration,
- l'examen de l'accidentologie disponible et son application aux caractéristiques du site.

Cette première étape permet notamment de définir et de localiser les zones de dangers de l'établissement.

2 – Étape n°2 : Évaluation préliminaire des conséquences associées aux événements redoutés :

Pour chaque événement redouté identifié à l'étape 1, une approche **qualitative** des conséquences de l'événement est réalisée.

Les critères appréhendés sont principalement à ce premier niveau d'analyse : les effets dominos potentiels et les effets au-delà des limites de propriété.

Cette approche est basée sur une estimation des potentiels de danger identifiés à l'étape 1, des mesures de protection présentes et du retour d'expérience. Elle permet de sélectionner les éventuels événements redoutés qui doivent faire l'objet d'une analyse plus détaillée, cette analyse détaillée constituant la troisième étape de l'analyse de risque.

3 – Étape n°3 : Analyse détaillée de la probabilité d'occurrence et de la gravité des conséquences :

La réalisation de cette analyse détaillée (étape n°3) n'est pas systématique ; elle n'est engagée que pour les événements redoutés pour lesquels l'étape n°2 d'évaluation préliminaire laisse pressentir des conséquences extérieures (par exemple du fait de l'absence de mesures de protection ou de leur inadéquation).

Si les conclusions de l'évaluation préliminaire le justifient, une analyse détaillée de la probabilité d'occurrence et de la gravité des conséquences est engagée pour les événements redoutés identifiés.

Cette analyse comporte trois phases :

3-A – Détermination des probabilités d'occurrence des événements redoutés et des effets des phénomènes dangereux associés :
Ces probabilités sont évaluées par utilisation de la méthode dite « nœud papillon » (approche semi quantitative), qui intègre les différentes barrières de sécurité (prévention et protection) présentes sur le site et qui permet d'évaluer la probabilité d'occurrence de chacun des effets des phénomènes dangereux associés à l'événement redouté.

3-B – Évaluation de la gravité des conséquences :
Pour chaque effet de phénomène dangereux identifié dans l'étape précédente, une évaluation de l'intensité des effets sera réalisée, si possible à partir de modélisations.
La gravité des conséquences sera déterminée en fonction de l'intensité des effets, mise en relation avec la vulnérabilité des cibles. La gravité est habituellement repérée sur des échelles simples à 5 niveaux.
La méthode d'évaluation est décrite plus en détail dans la suite de l'étude.

3-C – Évaluation des risques :
Pour chacun des effets des phénomènes dangereux attachés aux événements redoutés, le niveau de risque potentiel de l'effet sera évalué dans ses deux dimensions probabilité d'occurrence et gravité des conséquences. Pour cela on aura recours à une matrice de criticité adaptée à l'installation objet de l'étude.

Cette phase permet d'apprécier le **caractère acceptable ou inacceptable du risque**.

L'étape n°3 est itérative : en cas de risque inacceptable, de nouvelles mesures de prévention et de protection sont proposées, la probabilité d'occurrence (phase 3A) et la gravité des conséquences (phase 3B) sont alors réévaluées en tenant compte de l'incidence de ces nouvelles mesures, jusqu'à l'obtention d'un risque potentiel acceptable (phase 3C).

2 IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES POTENTIELS DE DANGERS

2.1 OBJECTIFS

Les objectifs de cette première étape sont de lister et de caractériser les situations, les conditions ou les pratiques qui comportent en elles-mêmes un potentiel à causer des dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement.

Elle permet :

- d'identifier la nature interne ou externe des dangers,
- de définir la matérialisation de ces dangers,
- d'identifier les différentes circonstances ou menaces (internes ou externes) susceptibles de faire se matérialiser le danger (événements initiateurs),
- d'identifier les événements redoutés et les phénomènes dangereux associés,
- d'identifier les conséquences possibles suite à la survenance de ces événements redoutés.

Préalablement à cette démarche, les points suivants sont examinés :

- recensement des installations du site et leur configuration,
- analyse des caractéristiques environnementales du site (environnement humain, industriel, naturel) et des infrastructures extérieures (axes routiers, ferroviaires, …),
- examen de l'accidentologie disponible et son application aux caractéristiques du site.

Cette première étape permet notamment de définir et de localiser les zones de dangers de l'établissement.

2.2 PRÉSENTATION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

Les informations présentées ci-dessous sont un rappel des éléments exposés dans la notice de renseignements et l'étude d'impact.

2.2.1 Localisation du site, environnement humain et infrastructure

Tableau 2-1 : Localisation du site, environnement humain et infrastructure

Localisation du site	Falaise		
Habitations les plus proches	300 m au sud-ouest		
Installations aux alentours du site	Parc d'activité EXPANSIA (cf. carte de localisation suivante) dont BRIDOR fait partie		
	Parcelles agricoles	20 m	Est
	Parcelles agricoles	20 m	Ouest
	Parcelles agricoles	20 m	Nord
	RN158	250 m	Ouest
	Château d'Aubigny	550 m	Ouest
	Zone d'activité Sud Calvados	820 m	Sud-Ouest

Figure 2-1 : Localisation du site de BRIDOR

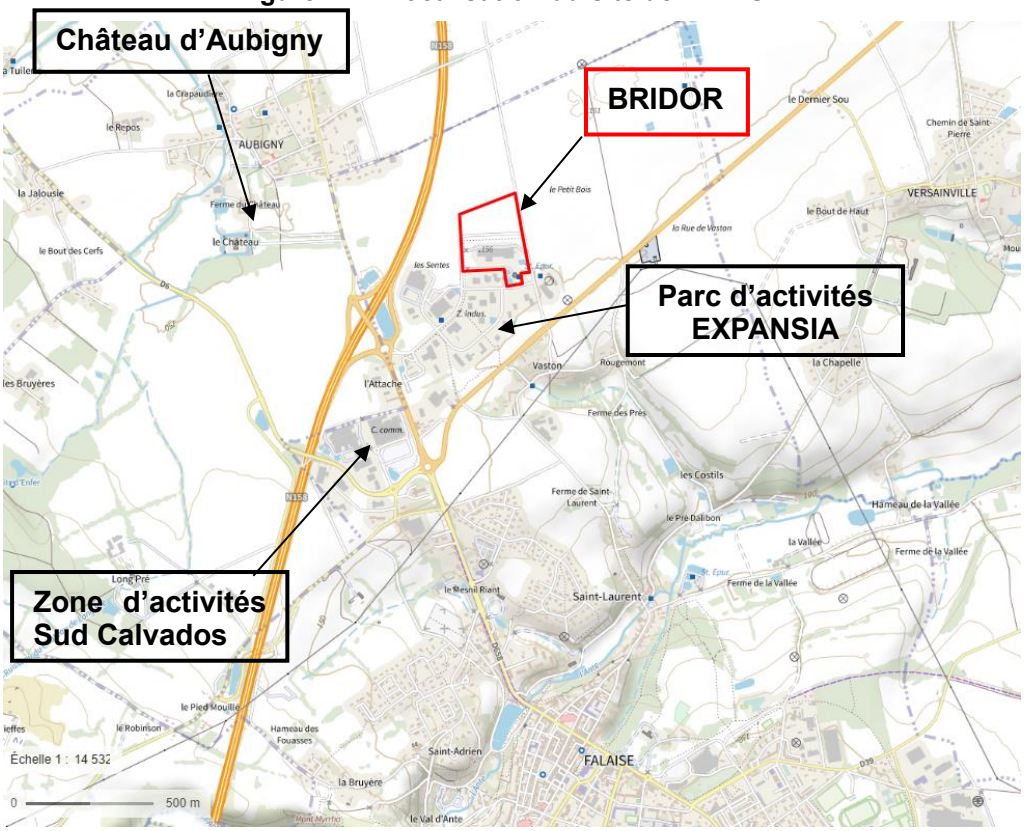
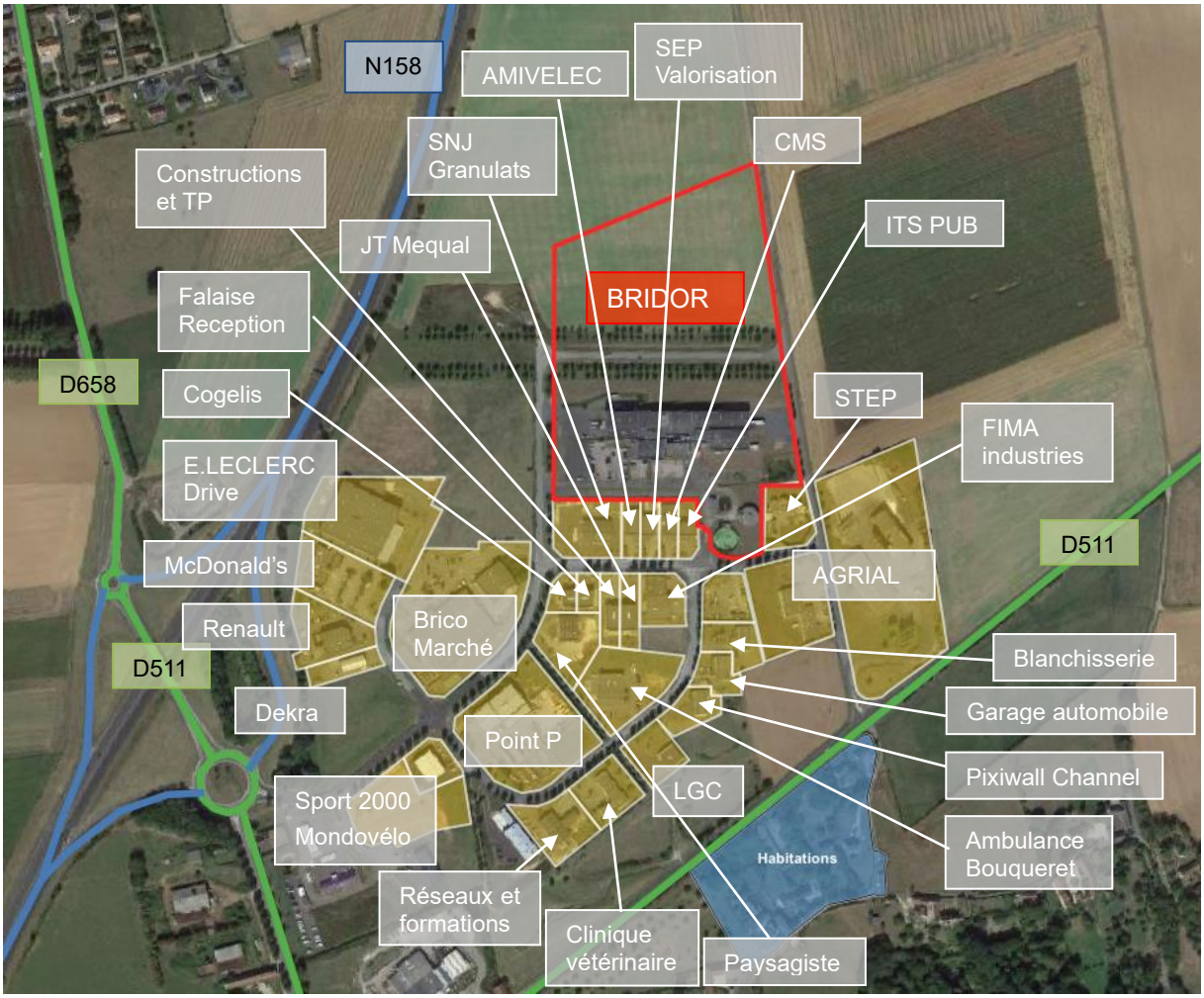


Figure 2-2 : Parc d'activités EXPANSIA



Les parcelles situées à l'ouest de BRIDOR sont en cours d'aménagement : de nouvelles activités vont s'y implanter. Dans un unique bâtiment, sont attendus : un restaurant, une salle de sport, des cellules commerciales dont la plus importante sera occupée par la marque Fima Industrie (actuellement installé à proximité rue des sentes dans la zone Expansia). Des parkings seront aménagés à ses abords. Fima est spécialiste de la fourniture industrielle pour les professionnels et les particuliers.

2.2.2 Description du site

Le site sera à terme composé de :

- Silos de stockages de farines, de chocolat, cuves de stockage de levure,
- Locaux de stockage de matières premières ;
- Locaux de préparation des ingrédients ;
- Quatre lignes de production réparties en 2 halls ;
- Local déchets ;
- Locaux techniques : maintenance, condensateur des panneaux solaires, salle des machines ammoniac, TGBT, poste sprinklage ;
- Local de stockage des emballages vides ;
- Chambre froide négative (stockage des produits finis à -20 °C) ;
- Cinq quais d'expédition,
- Auvent de stockage de palettes bois,
- Installation de sprinklage et rideaux d'eau.

Figure 2-3 : Organisation générale du site

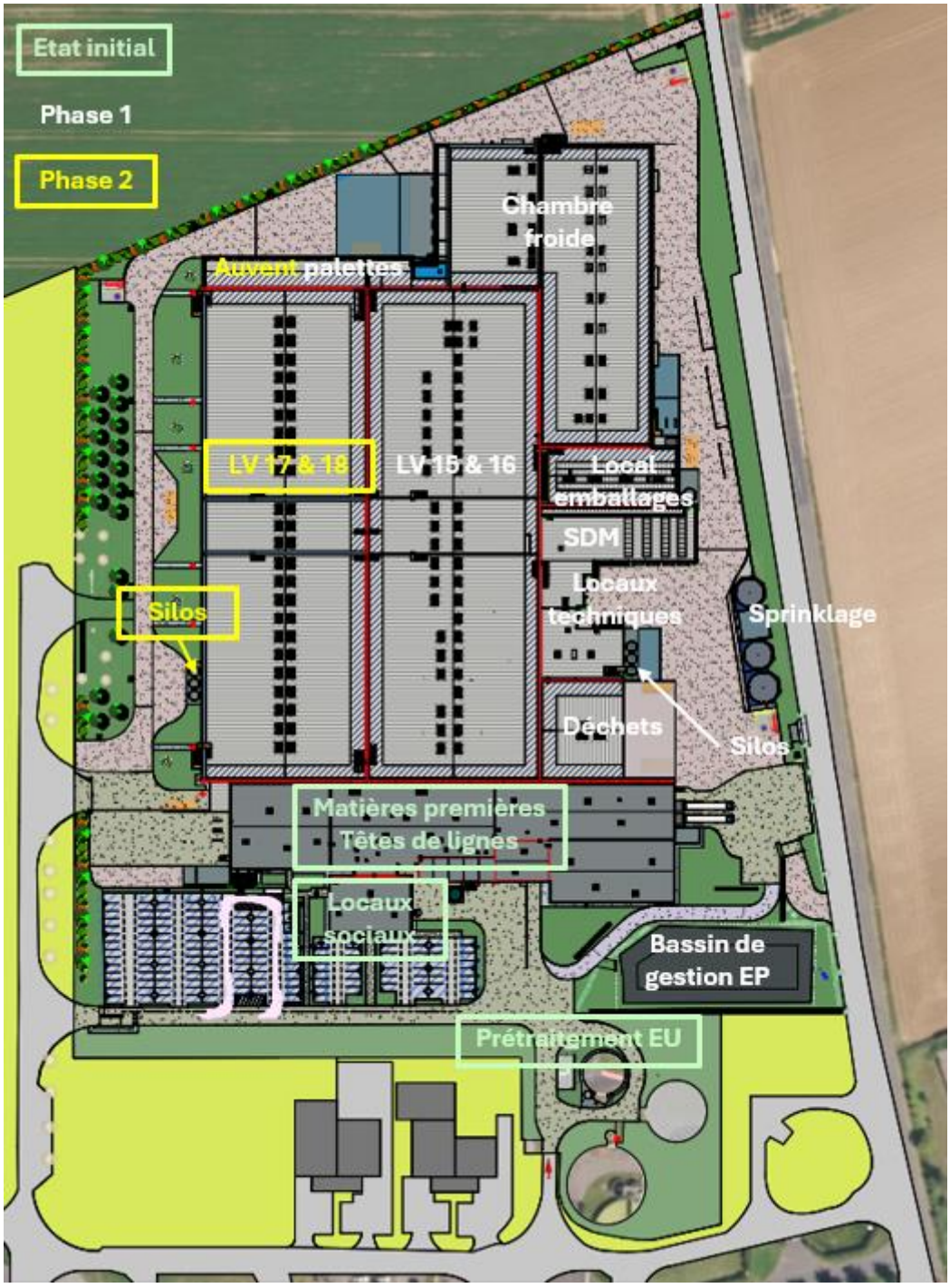
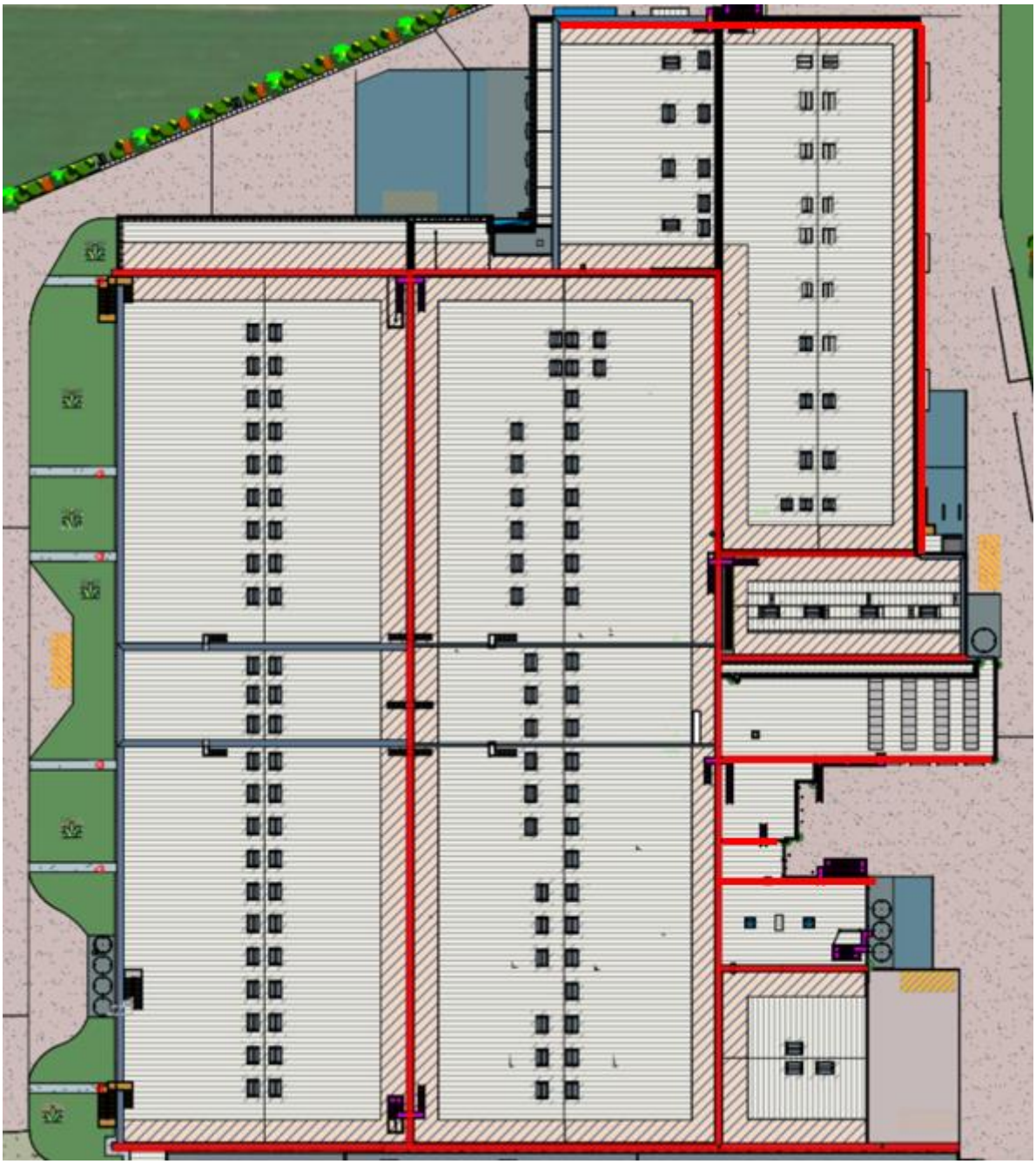


Figure 2-4 : Organisation du site - phase 1 (travaux en cours)

À noter que les bureaux et autres locaux situés à proximité des quais d'expédition sont coupe-feu 2h sur 4 faces.

Les murs CF 2 heures sont matérialisés en rouge sur la figure suivante.

Figure 2-5 : Compartimentage coupe-feu 2 heures



L'organisation des locaux techniques est représentée sur la figure suivante :

Figure 2-6 : Détail des locaux techniques

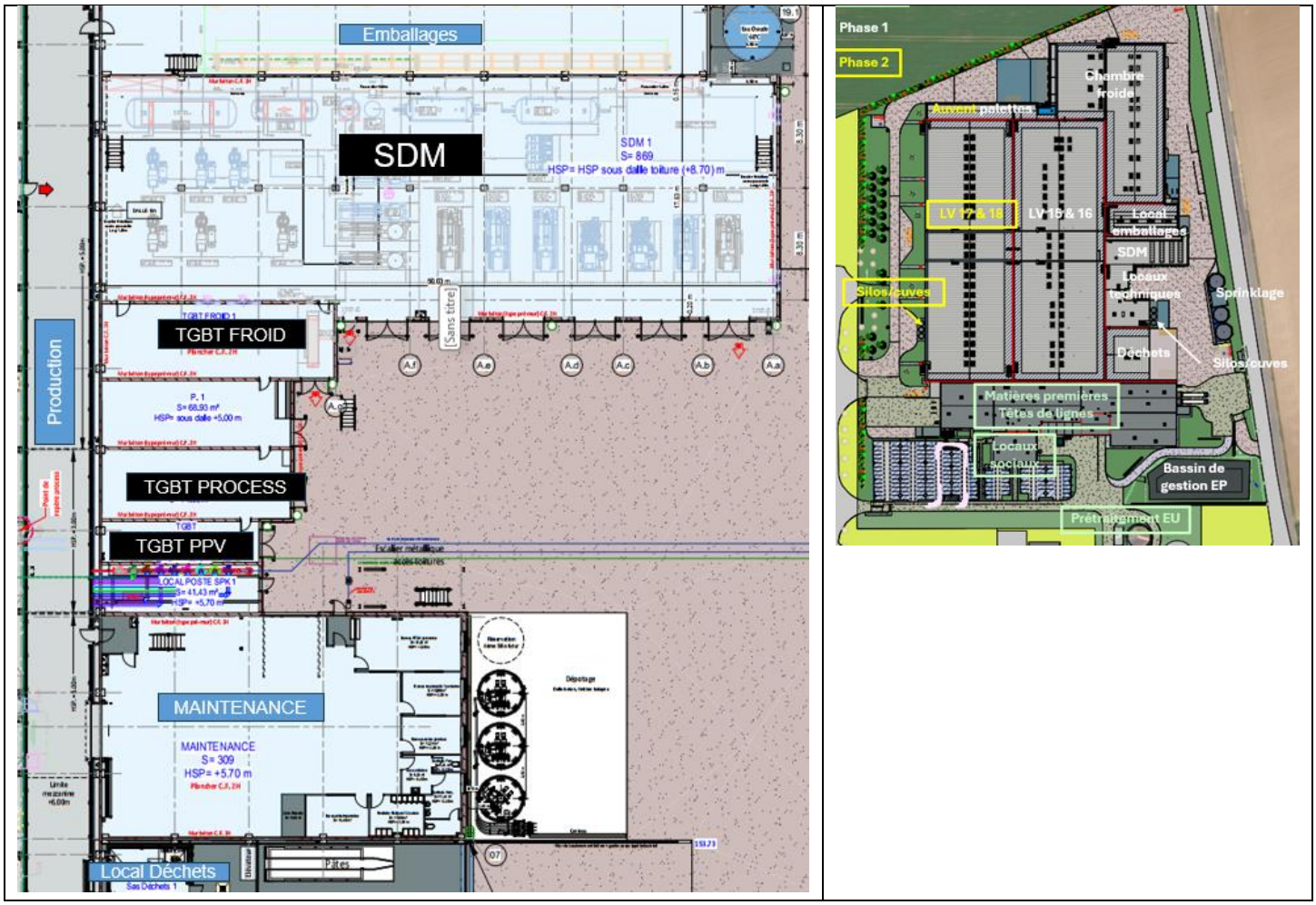


Tableau 2-2 : Équipements techniques de BRIDOR

	Type
Installations et équipements principaux de BRIDOR	Silos de stockage de matières pulvérulentes : 7 silos de farine de 100 m³
	Postes de transformation d'électricité
	Accumulateurs de charge : 51 kW
	Chargeurs lithium-ion (IRVE et chargeurs matériel)
	Installation de sprinklage 2* 911 m³
	Motopompes diesel (alimentation sprinklage et rideau d'eau) : 2 motopompes de 0,331 MW et 1 motopompe de 0,171 MW, soit un total de 0,833 MW
	Stockage de gasoil : - 1 cuve de 750 litres sur rétention - et 3 réserves de 300 litres par groupe motopompe soit 1 650 litres
	Rideau d'eau : réserve de 1100 m³ (y compris une réserve de 240 m3 pour l'extinction)
	Locaux de stockage à température ambiante et dirigée
	Chambre froide négative

	Installation froid à l'ammoniac : 4 700 kg Cascade CO2 : froid négatif Eau glycolée : froid positif
	Condenseurs adiabatiques : 6 à terme
	Station de prétraitement des eaux usées
	Stockage de produits chimiques (nettoyage et maintenance)
	Panneaux photovoltaïques en toiture : 647,1 kWc et 2 874 m² en première phase En seconde phase (LV17-18) : ajout de 2 000 m² de panneaux photovoltaïques en toiture (puissance estimée : 450 kWc) et à terme une prévision de 2 461 m² en ombrières de parking (puissance estimée : 554 kWc). Puissance totale au terme des deux phases : 1 651.1 kWc dont 1097 kWc en toiture

2.3 ANALYSE DES ACCIDENTS CONNUS ET ENSEIGNEMENTS RETENUS

2.3.1 Données BARPI : analyse des accidents hors site

Au niveau national, le ministère chargé de l'Environnement a décidé de mettre en place en 1992, au sein de la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (DPPR) une structure spécifiquement chargée du retour d'expérience : le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI).

La base de données informatisée ARIA (Analyse Recherche et Information sur les Accidents) du BARPI centralise toutes les informations relatives aux accidents, pollutions graves et incidents significatifs survenus dans les installations susceptibles de porter atteinte à l'environnement, à la sécurité ou la santé publiques. Ces activités peuvent être industrielles, commerciales, agricoles ou de toute autre nature. Les accidents survenus hors des installations, mais liés à leur activité sont aussi traités, en particulier ceux mettant en cause le transport de matières dangereuses.

Sur la période de janvier 1988 à décembre 2024, 44 accidents sont survenus dans des usines de fabrication de plats préparés et surgelés.

Les causes d'accidents sont connues pour 42 des cas recensés. Les causes des accidents se répartissent comme suit :

Tableau 2-3 : Répartition des causes principales des accidents de 1988 à 2024

Fabrication plats préparés et surgelés	
Causes principales des accidents	**1988 à 2024 Répartition (%)**
Défaillance matériel	25,6%
Fuite	23,3%
Erreur humaine	18,6%
Court-circuit	7,0%
Point chaud	2,3%
Intempéries	1,6%
Autres	23,3%

Entre 1988 et 2024, aucun décès n'est recensé. On dénombre 23 hospitalisations.

La défaillance du matériel est la principale cause d'accidents (25,6%), puis les fuites d'équipements (23,3%) et les erreurs humaines (18,6%).
Les types d'entreprises concernées par ce secteur sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2-4 : Types d'entreprises de l'industrie

Type d'entreprise	Nombre de cas	%
Usine de plats à base de viande	1	2,3%
Entreprise de salaisons	3	6,8%
Usine de plats préparés	30	68,2%
Usine de chips	1	2,3%
Usines de plats préparés surgelés	8	18,2%
Non spécifié	1	2,3%
Total	44	100,0%

La répartition des types d'accidents est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 2-5 : Répartition par type d'accident dans le secteur

Type d'accident	Nombre de cas	%
Incendie	14	31,8%
Fuite NH3	8	18,2%
Déversement accidentel	13	29,5%
Explosion	1	2,3%
Mélange de produits incompatibles	1	2,3%
Fuite gaz	6	13,6%
Légionnelles	1	2,3%
Total	44	100,0%

Les incendies sont les principaux accidents (31,8%) suivis des déversements accidentels (29,5%).

Tableau 2-6 : Répartition des conséquences d'accidents

Conséquence	Nombre de cas	%
Dommage financiers	6	10,2%
Rejet Toxique sans pollution avérée	10	16,9%
Dégâts matériels	11	18,6%
Pollution milieu naturel	16	27,1%
dont mortalité faune	*3*	*5,1%*
Dégâts humains	9	15,3%
Non spécifié	0	0,0%
Aucune	7	11,9%
Total	59*	100,0%

*Les accidents peuvent avoir plusieurs conséquences.

Tableau 2-7 : Nombre de morts, blessés et hospitalisation

Nombre de morts	0
Nombre de blessés	41
Nombre d'hospitalisation	23

L'accidentologie du secteur étudié met en évidence que les principaux dangers rencontrés sont les incendies, les déversements accidentels et les fuites d'ammoniac.

Les principales causes de ces accidents sont les défaillances du matériel (dysfonctionnement, vétusté…) et secondairement les fuites.

La pollution du milieu représente la principale conséquence (27,1%) suivie des dégâts matériels (28,6%).

2.3.2 Données BARPI : analyse des accidents liés à l'emploi d'ammoniac

Un inventaire complet de 2013 présente les accidents liés à l'emploi d'ammoniac. En synthèse, les principales causes d'accidents survenus sur des installations ammoniac sont :

- fuite d'ammoniac gazeux due à une herse corrodée,
- fuite d'ammoniac gazeux sur un condenseur,
- fuite d'ammoniac gazeux au niveau du compresseur,
- fuite en phase liquide au niveau du réservoir d'ammoniac,
- fuite en phase gazeuse par les soupapes de sécurité du réservoir de stockage,
- fuite d'ammoniac lors d'une purge de l'installation de réfrigération,
- fuite d'ammoniac au niveau d'une électrovanne, d'une vanne, d'un joint, d'une bride,
- fuite due à une rupture de canalisation,
- ouverture accidentelle d'une soupape sur le circuit de réfrigération.

Le facteur humain est, en partie au moins, à l'origine de 7 à 14 % des accidents en raison notamment :

- de l'absence ou de l'insuffisance de consignes d'exploitation ou de maintenance,
- d'une intervention avec un outillage inadapté,
- d'une formation insuffisante,
- d'une préparation de chantier inadaptée,
- d'une méconnaissance des installations ou du risque toxique présenté par l'ammoniac,
- de la complexité des installations et d'un mauvais repérage des équipements (position des vannes…).

Ces éléments permettent d'orienter l'analyse des risques des installations frigorifiques à l'ammoniac en tenant compte des incidents et accidents les plus fréquents et dangereux.

2.3.3 Incidents internes au site de BRIDOR

2.3.3.1 Incidents sur le site de Falaise

Le tableau suivant présente les incidents survenus sur le site de Falaise avant que BRIDOR n'en reprenne la gestion ainsi que les actions mises en place.

Tableau 2-8 : Incidents recensés sur le site de BRIDOR Falaise (anciennement FRIAL)

Incident	Description
Déversement - 2021	Un camion a écrasé la canalisation aérienne de refoulement des eaux usées en passant en dehors de la voir de circulation. La canalisation a alors été percée. Les eaux usées se sont déversées sur la voirie interne et vers le réseau eaux pluviales qui se déverse dans un fossé.
Fuite ammoniac	Fuite légère d'ammoniac. Evacuation du personnel.

2.3.3.2 Incidents sur le site de Louverné (activités similaires)

Le tableau suivant présente les incidents recensés sur le site de BRIDOR de Louverné depuis 2008 ainsi que les actions mises en place. L'activité du site de Louverné est similaire à la future activité sur le site de BRIDOR : l'accidentologie est représentative des incidents qui pourraient subvenir et des actions correctives mises correctives à mettre en place.

Tableau 2-9 : Incidents recensés sur le site de BRIDOR Louverné depuis 2008

Type d'incident	Description	Nombre de cas	Actions mises en place
Fuite NH3	Évacuation du personnel Maitrise du risque par le personnel maintenance et le prestataire Johnson Control. Mesures dans les locaux avant le retour du personnel	5	Renforcement des maintenances préventives Contrat de prestation complémentaire avec fournisseur spécialisé Plan de formation technicien suivi Procédure de formation et d'information des équipes de production partagée
Fuite Alcali(1)		3	
Incident réception	Départ d'un tracteur de semi alors que l'opérateur BRIDOR était en train de charger le camion. L'opérateur a chuté, sans dommages. Le conducteur n'a pas respecté les consignes	1	Installation sur les quais de tous les sites de cale roue relié au quai avec feu bicolore pour suivi du chauffeur et du camion. Rappel à la société extérieure et au personnel BRIDOR des consignes de sécurité.
Départ de feu camion en stationnement sur parking	Départ de feu (cabine du camion) maîtrisé par les opérateur BRIDOR grâce aux extincteurs. Le chauffeur était descendu de son camion.	1	RIA au niveau des extérieurs des zones logistiques Stationnement des camions éloigné des sites de production
Fuite silo chocolat	Fuite détectée par les opérateurs.	1	Incident limité : le chocolat fige à une température inférieure à 32°C.

Type d'incident	Description	Nombre de cas	Actions mises en place
	Aucune pollution du milieu n'a été observée.		Plan de maintenance suivi sur les silos

(1) : pas d'alcali sur le site de Falaise

Aucun de ces incidents n'a engendré de conséquences humaines, seulement matérielles et de faible ampleur.

2.4 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS EXTERNES

L'identification des potentiels dangers externes se déduit :

- de la présentation de l'environnement du site réalisée dans les parties précédentes du dossier installations classées (Étude d'impact),
- du dossier Géorisques de la commune de Falaise (https://www.georisques.gouv.fr/),
- du dossier départemental sur les risques majeurs en Mayenne.

2.4.1 Environnement du site

Les installations alentours du site sont décrites au §2.2 de la présente étude des dangers.

L'aérodrome de Falaise-Monts d'Eraines est situé à 5 km des limites est de propriété du site. Les installations recevant du public dans un rayon de 3 km autour du site sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 2-10 : Établissement recevant du public dans un rayon de 3 km autour du site

Établissement	Distance du site
École primaire de Versainville	1,9 km à l'est
École communale de Saint-Pierre-Canivet	2,3 km au nord-ouest
École primaire André Bodereau	2,15 km au sud
Centre médical du département du Calvados	2,3 km au sud-est
Maison de retraite Garvin	2,3 km au sud
EPHAD Bernardin	2,7 km au sud
Centre médico-social	2,4 km au sud
École élémentaire de la Crosse	2,5 km au sud
Centre hospitalier de Falaise	2,5 km au sud
Crèche de Falaise	2,8 km au sud
Résidence pour séniors – les coquelicots	2,9 km au sud-est

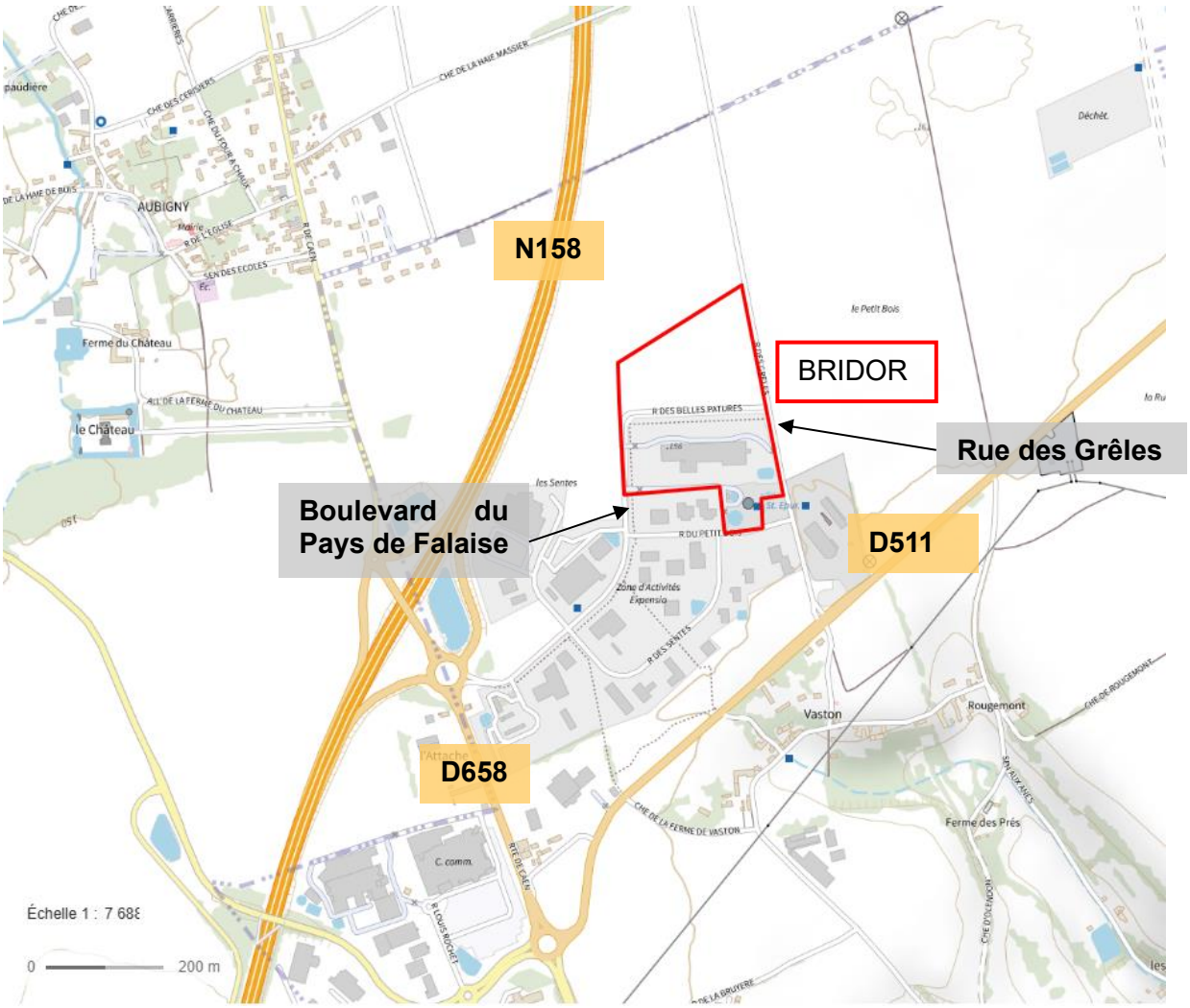
Aucun établissement SEVESO seuil haut n'a été recensé dans un rayon de 3 km autour du site de BRIDOR.

Au vu de ces éléments, les établissements proches de l'établissement de BRIDOR ne seront pas retenus comme élément majorant dans la suite de l'étude.

2.4.2 Trafic routier

La figure suivante localise les axes routiers à proximité de BRIDOR.

Figure 2-7 : Localisation des axes routiers à proximité du site

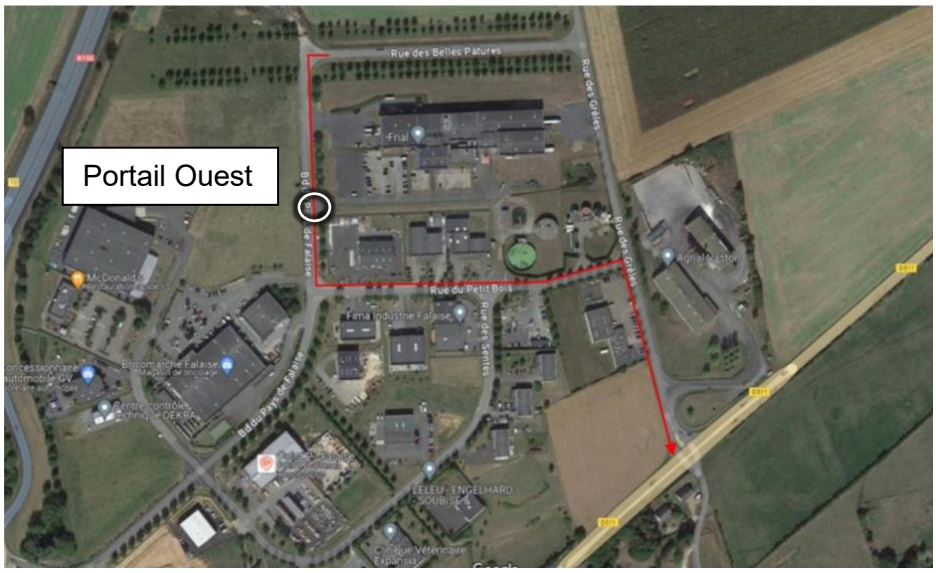


L'accès au site se fait depuis le boulevard du Pays de Falaise et la rue des Grêles.

L'accès des poids lourds se fait uniquement par le portail ouest.

Le circuit d'accès des poids lourds a été défini conformément aux recommandations de la communauté de communes du Pays de Falaise.

Figure 2-8 : Circuit d'accès des poids lourds



Selon les comptages routiers menés par le département du Calvados, le trafic sur les routes départementales est d'en moyenne :

- 1 223 véhicules/jour dont 2,6% de poids lourds sur le D658 ;
- 2 523 véhicules par jour dont 6% de poids lourds sur la D511.

L'accès au site est sécurisé. Les risques liés à des accidents routiers ne seront pas retenus comme éléments majorants dans la suite de l'étude.

2.4.3 Trafic aérien

La probabilité d'une chute d'avion civil ou militaire est évaluée à 10^{-5} ou 10^{-6} par an.

Selon la Protection Civile, les risques les plus importants de chute d'un aéronef se situent au moment du décollage et de l'atterrissage. La zone admise comme étant la plus exposée est celle qui se trouve à l'intérieur d'un rectangle délimité par une distance de :

- 3 km de part et d'autre en bout de piste,
- 1 km de part et d'autre dans le sens de la largeur de la piste.

L'aérodrome le plus proche du site est l'aérodrome de Falaise-Monts d'Eraines situé à environ 5 km à l'Est.

La probabilité de la chute d'un avion sur l'installation peut donc être considérée comme quasiment nulle.

De par l'éloignement du site de l'aéroport le plus proche et la faible probabilité de chute d'un avion, ce danger ne sera pas conservé dans le reste de l'étude.

2.4.4 Trafic ferroviaire

La voie ferrée la plus proche se situe à 6 km à l'est du site. Cette voie ferrée relie Argentan (61200) à Mézidon-Vallée d'Auge (14270).

Au vu de la distance avec le site, un accident sur cette voie n'est pas susceptible d'avoir un impact sur le site : ce risque n'est pas retenu dans la suite de l'étude.

2.4.5 Dangers liés à la malveillance

Les menaces sont :

- l'incendie volontaire,
- le vandalisme,
- le sabotage.

Les équipes de production sont présentes sur le site du dimanche 17 h au samedi 17 h. Après 17h, l'équipe de nettoyage prend le relais.

La protection du site s'appuie sur un schéma global qui comprend :

- Barrière d'accès avec interphone pour poids lourds. En complément, la prise de rendez-vous est optimisée pour maîtriser au mieux la connaissance des entrants ;
- Portail automatique à ouverture programmée pour accès collaborateur sans créer de bouchon sur la voie publique ;
- Développement d'un contrôle d'accès avec contrôle visuel des plaques d'immatriculation PL et VL ;
- Tourniquet individuel pour les piétons pour permettre de maîtriser les entrants ;
- Protocole d'enregistrement des prestataires avec accueil, distribution badge et émargement, ainsi toute personne étrangère du site sera rapidement identifiée ;
- Contrat de prestation complémentaire avec société de surveillance / gardiennage : 24h/24 et 7jours/7, des rondes seront effectuées la nuit et le week-end à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments ;
- Système anti-intrusion couplé au système de détection incendie ;
- Un système de vidéosurveillance et de détection infrarouge en cas d'intrusion sera en place sur l'ensemble du site ;
- Le site répondra aux obligations réglementaires dans le cadre de la RGPD/CNIL (protection des données) ;
- Les silos et autres zones de stockages sont fermés avec des moyens adaptés : fermeture sécurisée des silos avec des serrures à clé sur les portes et le cadenassage des cônes de chargement des silos. Ces points font l'objet de contrôle quotidien par les magasiniers en charge des réceptions ;
- Les sites BRIDOR répondent aux référentiels BRC/IFS qui intègrent de façon détaillée les plans de sûreté et de sécurité ;
- Le site sera entièrement clôturé à 2 m de hauteur. Contrôle d'accès magnétique pour les accès au site (dont salle des machines) ;

Toutes les procédures seront formalisées dans le Plan Incendie.

Au vu de ces éléments, le danger de malveillance n'est pas retenu dans la suite de l'étude.

2.4.6 Dangers liés à la foudre

Un coup de foudre se définit par la formation d'un arc électrique entre le nuage et la terre. Les paramètres qui entrent en compte pour la caractérisation d'un coup de foudre sont liés à l'écoulement du courant de foudre dans l'arc et dans les conducteurs.

Deux paramètres principaux peuvent être cités :
- l'intensité du courant de décharge pouvant aller jusqu'à 200 000 ampères,
- le temps de décharge inférieur à 0,5 seconde et le nombre de décharges, soit 4 décharges par foudroiement.

Les principaux effets d'un coup de foudre sur les installations touchées sont des effets thermiques (liés à la quantité de charge ou au courant de foudre), des effets électrodynamiques (efforts mécaniques), des montées en potentiel ou des phénomènes d'induction.

La densité de foudroiement dans le Calvados est faible : moins de 1,5 coup de foudre/an/km². Ainsi, le risque foudre est considéré comme négligeable.
L'analyse du risque foudre a été menée pour la phase 1. Cette étude sera mise à jour à chaque extension. La circulaire du 24 avril 2008 (circulaire d'interprétation de la réglementation nouvelle relative à la protection foudre), toujours en vigueur dispose que l'ARF, l'étude technique et la mise en place des protections doivent être réalisées pour les installations nouvelles au jour de la mise en exploitation.

Le danger foudre n'est pas retenu dans la suite de l'étude.

2.4.7 Dangers liés au risque sismique

Les articles R563-1 et suivants du code de l'Environnement fixent pour les bâtiments, équipements et installations, au regard du risque de sismique, deux catégories respectivement dites « à risque normal » et « à risque spécial ».

Cette distinction est fonction de la possibilité de contenir, au voisinage immédiat de l'installation, les conséquences d'un séisme.

Ils fixent également, pour les installations « à risque normal », cinq zones de sismicité croissante :
- Zone de sismicité 1 (très faible) ;
- Zone de sismicité 2 (faible) ;
- Zone de sismicité 3 (modérée) ;
- Zone de sismicité 4 (moyenne) ;
- Zone de sismicité 5 (forte).

La commune de Falaise se situe dans une zone 2 (aléa faible) pour une échelle variant de 0 à 5.

Le risque sismique ne sera pas retenu dans la suite de l'étude.

2.4.8 Dangers liés aux aléas retrait-gonflement argile

Selon Géorisques, le site de BRIDOR se situe en risque faible de retrait/gonflement des argiles.
La commune n'est pas soumise à un PPRN retrait-gonflement des sols argileux.

Le risque retrait-gonflement argile n'est pas retenu dans la suite de l'étude.

2.4.9 Dangers liés aux mouvements de terrain et cavités souterraines

Selon Géorisques, la commune de Falaise n'est pas impactée par des mouvements de terrain ni par des cavités souterraines.

Le risque de mouvement de terrain n'est pas retenu dans la suite de l'étude.

2.4.10 Dangers liés aux inondations

Selon la DREAL Normandie, le site de BRIDOR n'est pas concerné par un risque inondation.

Le risque d'inondation n'est pas retenu dans la suite de l'étude.

2.4.11 Dangers liés aux risques radons

Selon Géorisques le risque de radon est important sur la commune de Falaise : le potentiel radon est de 3/3.
Cependant, aucun plan de prévention lié à ce risque n'est établi sur la commune.

Le risque lié au radon n'est pas retenu dans la suite de l'étude.

2.4.12 Dangers liés au climat, aux vents, aux précipitations

En cas de tempête, les risques principaux sont les chutes d'arbres et la projection d'objets. Des haies sont présentes autour du site pour l'intégration des structures dans le paysage. Toutefois, leur éloignement des structures évite le risque de dégâts importants en cas de chutes.

Selon Eurocode, le site de BRIDOR se situe en zone :
- 2 de risque de vent ;
- A1 risque de neige.

Le gel et la neige sont sans conséquence sur l'activité et les installations.

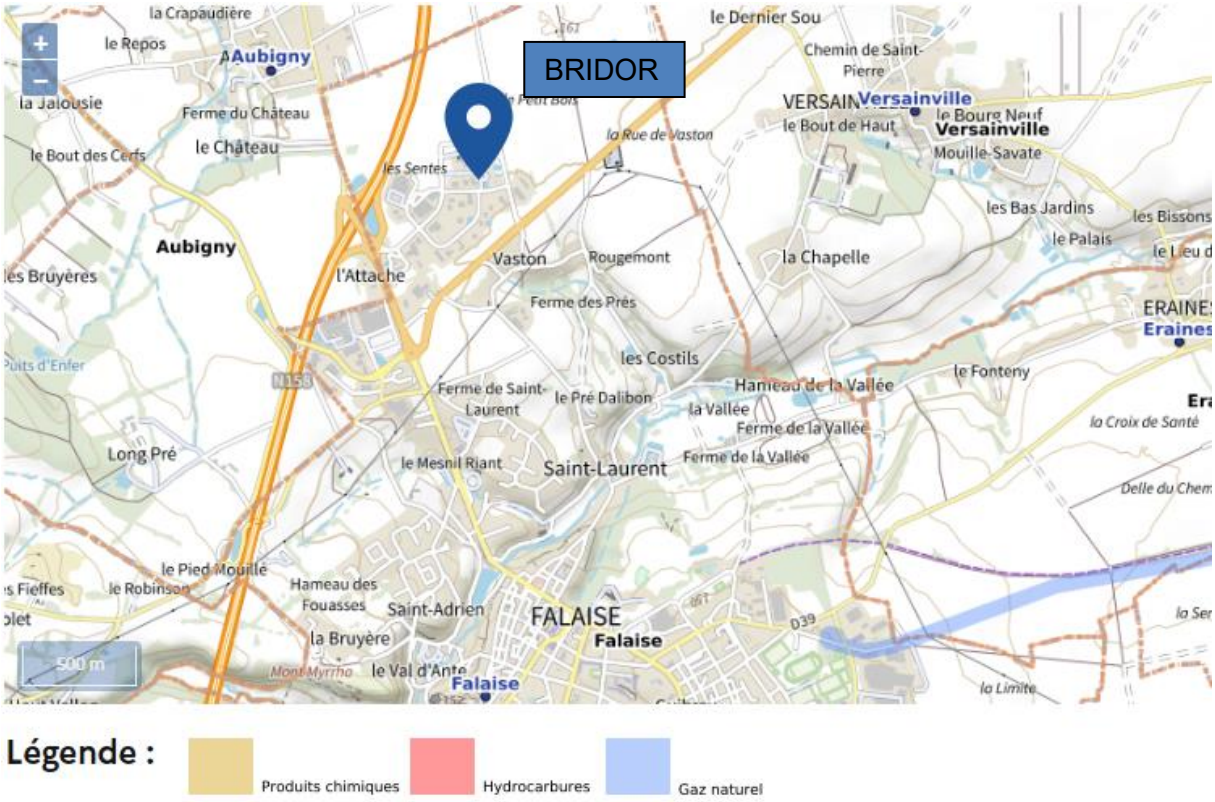
Les risques liés au climat ne sont pas retenus dans la suite de l'étude.

2.4.13 Dangers liés aux risques technologiques

2.4.13.1 Canalisations de transport de matières dangereuses

Une canalisation de gaz naturel est présente à 2,5 km au sud-est du site.

Figure 2-9 : Localisation de la canalisation de transport de gaz naturel



2.4.13.2 Installations nucléaires

Aucune installation nucléaire dans un rayon de 10 km.
Aucune centrale nucléaire dans un rayon de 20 km.

2.4.13.3 Sites et sols pollués

Les sites pollués ou potentiellement pollués selon la base de données BASOL présents dans un rayon de 3 km autour du site sont présentés dans le tableau suivant.

Figure 2-10 : Sites pollués ou potentiellement pollués dans un rayon de 3 km autour du site

Site	Distance de BRIDOR
SSP001276001	2,5 km au sud-ouest
SSP001284801	2,8 km au sud-est
SSP000658301	3 km à l'est

Les risques technologiques ne sont pas retenus dans la suite de l'étude.

2.4.14 Conclusion

Les risques présentés par l'environnement humain et naturel vis-à-vis de l'installation ne sont pas retenus comme facteurs majorants dans la suite de l'étude.

2.5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS INTERNES

La méthodologie prend en compte les différents dangers liés aux facteurs suivants :

- les produits utilisés sur le site (consommés par l'installation ou annexe),
- les équipements et installations liés aux procédés industriels,
- les équipements et installations annexes (production de froid, production d'énergie…).

Ces sources potentielles de danger se déduisent des informations contenues dans l'étude d'impact.

Dans le cas de l'installation du site BRIDOR, l'environnement naturel et humain du site n'est pas considéré comme facteur de risques au vu des données du paragraphe §2.4.

2.5.1 Description des dangers liés aux produits

Les dangers associés aux produits étudiés dans cette étude sont liés à des risques accidentels et non à des risques liés au fonctionnement normal de l'installation (risques déjà étudiés dans l'étude d'impact).

Les dangers liés aux produits sont évalués à partir de l'inventaire des produits présents sur le site :

- les matières premières,
- les produits pulvérulents (farine),
- les fluides de réfrigération : ammoniac, CO2 et eau glycolée,
- les hydrocarbures (gasoil),
- les matériaux d'emballages et les produits finis,
- les produits chimiques et de maintenance.

Matières premières

L'activité agroalimentaire de l'établissement implique l'utilisation de matières d'origine végétale et animale ne présentant pas de potentiels de danger particulier.

Seuls les produits pulvérulents présentent un potentiel de danger lié à la possible apparition d'atmosphère explosive. Les principaux produits pulvérulents utilisés sur le site sont la farine stockée en silos. Le sucre est stocké en big-bags.

Ammoniac

Nous présentons ci-dessous les principales caractéristiques de l'ammoniac.
L'ammoniac est un gaz incolore d'odeur caractéristique piquante et irritante. L'ammoniac pur est un gaz relativement peu inflammable pouvant former des mélanges explosifs avec l'air pour des proportions de 16 % (limite inférieure d'explosivité LIE) à 25 % dans l'air (limite supérieure d'explosivité LSE). Sa température d'auto-inflammation est de 651°C. L'énergie minimale d'inflammation est élevée (680 milli joules).

Les risques chimiques sont liés à la causticité de l'ammoniac, non seulement pour les matériaux, mais également pour l'homme. Ainsi, au contact de la peau, des yeux et des muqueuses, l'ammoniac peut causer des brûlures et des lésions très graves.
Le contact avec de l'ammoniac liquéfié à basse température peut également être à l'origine de brûlures dermiques profondes et graves.

Par leurs conséquences potentiellement importantes pour les populations environnantes, les risques toxiques constituent les risques essentiels liés à la mise en œuvre d'ammoniac. Suivant la teneur en ammoniac de l'atmosphère polluée, l'inhalation peut conduire de la simple irritation des voies respiratoires (toux) à l'œdème aigu du poumon.

Initialement fixée à 50 ppm (soit 36 mg/m3) aux États-Unis, la valeur limite de la concentration en ammoniac dans l'air des lieux de travail (TLV) a été ramenée en 1977 à 25 ppm (soit 18 mg/m3). C'est également cette dernière valeur qui a été retenue en France dans la circulaire du Ministère du Travail du 19 juillet 1982 comme valeur moyenne d'exposition (VME), tandis que la valeur limite d'exposition (VLE) valable pour une durée d'exposition inférieure à 15 minutes, a été fixée à 50 ppm (soit 36 mg/m3).

Le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (DPPR) et le Ministère de la Santé, de la Famille et des Personnes Handicapées (DGS) ont demandé à l'INERIS de leur proposer des « **seuils des effets létaux** » (S.E.L.), et des « **seuils des effets irréversibles** » (S.E.I.), des « **seuils des effets réversibles** » et un seuil de perception pour l'ammoniac.
Ceci est l'objet d'un rapport (rapport final Août 2003) élaboré par un groupe de consensus qui a défini les seuils suivants.

- Seuils d'effets létaux

Temps (min)	Concentration	
	mg/m³	ppm
1	17 710	25 300
3	10 290	14 700
10	5 740	8 200
20	4 083	5 833
30	3 337	4 767
60	2 380	3 400

- Seuils d'effets irréversibles

Temps (min)	Concentration	
	mg/m³	ppm
1	1 050	1 500
3	700	1 000
10	606	866
20	428	612
30	350	500
60	248	354

- Seuils d'effets réversibles

Temps (min)	Concentration	
	mg/m³	ppm
1	196	280
3	140	200
10	105	150
20	84	120
30	77	110
60	56	80

Aussi, compte tenu des éléments scientifiques cités dans le rapport INERIS et de l'évolution des connaissances au sein du groupe de consensus, il a été proposé de retenir les travaux chez le rat d'Appelman (1982). Toutefois, l'examen de la littérature scientifique souligne l'existence d'une variabilité inter-espèces dont il convient de tenir compte pour la fixation des seuils. Les experts toxicologues du groupe de consensus ont retenu l'application d'un facteur d'incertitude de 3 aux résultats obtenus lors de l'analyse des données de létalité d'Appelman pour tenir compte de cette variabilité inter-espèces.

Selon la norme NF EN 378 (§8.7) qui fixe les exigences sur les seuils en salle des machines, ils doivent fonctionner à une concentration ne dépassant pas 30 000 ppm (niveau haut d'alarme).

Eau Glycolée

L'eau glycolée est utilisée comme fluide caloriporteur afin d'abaisser la température de congélation de l'eau.
Aucun risque n'est identifié lié à l'utilisation de l'eau glycolée.

CO_2

Le CO_2 est utilisé comme fluide frigorigène. À température ambiante, le dioxyde de carbone (CO_2) est un gaz inodore, incolore, plus lourd que l'air, ininflammable, non conducteur d'électricité.
Il est inoffensif à basse concentration mais il a des effets dangereux (perte de conscience, asphyxie) quand les concentrations dans l'air dépassent 3 ou 8%.
Ci-après la synthèse des réglementations internationales concernant l'usage de CO2 :

Valeurs limites d'exposition professionnelle (ppm)	UE	UK	US
Taux normal de l'atmosphère		380 - 480	
Taux correct en lieux fermés		600 -800	
Taux tolérable en lieux fermés	1 000		
Limite haute pour 8h d'exposition (VLEP)	5 000	5 000	5 000
Exposition très courte (max)	15 000	15 000	30 000
IDLH*	-	-	40 000
Augmentation fréquence respiration et cardiaque		3 à 8%	
Nausée, vomissement, évanouissement		> 10%	
Évanouissement rapide, décès		> 20%	

La norme NF EN 378-3 (2020) applicable dans le cadre d'installation de réfrigération fonctionnant au CO2 précise que :

- *Tout détecteur adéquat peut être utilisé et doit générer un signal électrique à la valeur présélectionnée de la concentration en fluide frigorigène ou en oxygène (valeur présélectionnée) qui active les robinets d'arrêt, le système d'alarme, la ventilation mécanique ou d'autres commandes d'urgence.*
- *Le fonctionnement des détecteurs doit être contrôlé de manière continue. En cas de panne d'un détecteur, il convient d'activer la séquence d'urgence comme si un fluide frigorigène avait été détecté.*
- *La valeur présélectionnée du détecteur de fluide frigorigène à 30 °C ou 0 °C, selon la plus critique des deux valeurs, doit être fixée à 25 % de la LFL ou* ***50 % de l'ATEL/ODL***[1]*, en retenant la plus faible des deux valeurs, comme indiqué dans l'EN 378-1 :2016+A1 : 2020, Annexe E. La valeur présélectionnée du détecteur de privation d'oxygène doit être de 18 % ou plus.*

*Selon le d****écret n°2020-1546 du 9 décembre 2020 fixant des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes pour certains agents chimiques, la l****imite haute pour 8h d'exposition (VLEP) pour le CO2 est de* ***5 000 ppm.***

Les détecteurs CO2 auront pour seuils :

- Le **premier seuil** de détection sera **au maximum de 5 000 ppm**,
- Le **second seuil** de détection sera **au maximum de 15 000 ppm**

Les 15 000 ppm sont le résultat en appliquant 50% de ATEL/ODL.

<u>Hydrocarbures</u>

Le gasoil sur le site servira à l'alimentation des trois motopompes de sprinklage et du rideau d'eau.

Le gasoil est une substance présentant des risques d'incendie/d'explosion et de pollution des sols et des eaux. Cet hydrocarbure est un liquide inflammable de 2e catégorie au titre de la rubrique n°4734 de la nomenclature des Installations Classées (point d'éclair 55°C).

L'atteinte des conditions d'inflammabilité n'est possible qu'en cas d'accident ou de situation dégradée (pas en conditions normales de procédé). L'inflammation est difficile et l'explosion quasi impossible à l'air libre.

Cet hydrocarbure présente une toxicité pour les organismes aquatiques et peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique (Mention de danger H411).

Dans les conditions normales d'utilisation, ce produit ne présente pas de danger d'intoxication aiguë. En cas d'inhalation accidentelle, le produit peut être aspiré dans les poumons en raison de sa faible viscosité et donner naissance à des lésions pulmonaires très graves (H304). L'exposition répétée peut provoquer un dessèchement ou des gerçures de la peau (H315). Un effet cancérogène lié à ce produit est également suspecté (preuve insuffisante – H351).

Le gasoil stocké sur le site sera composé de plusieurs réserves pour un total de 1 650 l :

- 750 litres sur rétention ;
- 3*300 litres.

[1] ATEL/ODL : limite de toxicité ou de privation d'oxygène

Huiles
Les huiles qui seront utilisées sur le site sont des produits de maintenance.

Ces huiles ne sont pas classées comme substances dangereuses.
Elles peuvent cependant provoquer des gerçures en cas de contact prolongé avec la peau et provoquer une irritation oculaire en cas de contact avec les yeux.
Toute infiltration dans le sol ou le sous-sol en direction des nappes phréatiques doit être évitée.

Les huiles seront stockées sur rétention.

Emballages
Le conditionnement des produits finis nécessite le stockage et l'utilisation de matériaux d'emballage de type cartons, plastiques, papier (étiquettes, glassines) et bois (palettes).

Ces matériaux présentent un caractère combustible.

Matières premières et produits finis conditionnés sur palettes
L'activité principale de BRIDOR à Falaise consiste à conditionner des viennoiseries surgelées.
Le conditionnement de ces produits est réalisé en contenant plastiques, carton et filmés.

Une palette de produits finis comprend donc les matériaux d'emballages combustibles et de liquide incombustible.
Les matières premières sont stockées à température ambiante, et sont donc considérées comme 1510 dans le logiciel FLUMilog.

Certaines matières premières et les palettes de produits finis, stockées à température négative, sont à considérer en palettes type 1511 dans le logiciel FLUMilog.

Produits chimiques
Les principaux produits chimiques stockés ainsi que les dangers associés sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 2-11 : Produits chimiques stockés sur le site et dangers associés

Produit	Quantité totale	Mentions de danger
P3-OXONIA ACTIVE 21KG	84 kg	H272 ; H290 ; H302 ; H314 ; H318 ; H332 ; H335 ; H410
P3-TOPAX 66 1100KG	3300 kg	H290 ; H314 ; H318 ; H400 ; H411
ASEPTO FL-D	9496 kg	H290 ; H314 ; H318 ; H400 ; H411
TOPAZ MD2 21KG	84 kg	H290 ; H314 ; H318
NODSAN EAS 20KG	340 kg	H315 ; H317 ; H319 ; H412
ANIOSGEL 85 NPC	50 kg	H225 ; H319
ANIOSAFE MANUCLEAR NPC HF 4X5L	119 kg	-
GREASECUTTER EXTRA 2X5L	5 kg	H290 ; H314 ; H318
AQUANTA OXI 22KG	132 kg	H314 ; H318
MIP NOD 22KG	132 kg	H290 ; H314 ; H318 ; H412
TOPAX 970 210KG	210 kg	H315 ; H318 ; H412

Nous rappelons la signification des mentions de dangers :

- H225 : liquide et vapeur très inflammables ;
- H272 : comburant, peut aggraver un incendie ;
- H290 : peut être corrosif pour les métaux ;
- H302 : nocif en cas d'ingestion ;
- H314 : provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves ;
- H315 : provoque une irritation cutanée ;
- H317 : peut provoquer une allergie cutanée ;
- H318 : provoque des lésions oculaires graves ;
- H319 : provoque une sévère irritation oculaire ;
- H332 : nocif par inhalation ;
- H335 : peut irriter les voies respiratoires ;
- H400 : très toxique pour les organismes aquatiques ;
- H410 : très toxique pour les organismes aquatiques, entraine des effets néfastes à long terme ;
- H411 : toxique pour les organismes aquatiques, entraine des effets néfastes à long terme ;
- H412 : nocif pour les organismes aquatiques, entraine des effets néfastes à long terme ;

Les potentiels de dangers inhérents à ces produits conditionnés sont les déversements accidentels et les réactions exothermiques en cas de mélange avec des produits incompatibles, avec ou sans dégagement gazeux.

Les principaux risques liés aux dangers de déversement de ces produits sont l'intoxication des personnes (inhalation, ingestion, contact cutané) et la pollution du milieu naturel en cas de rejet de produit pur.

BRIDOR fait régulièrement évoluer les types de produits utilisés afin de réduire dès que possible la présence de substances toxiques pour la santé. Cette politique s'inscrit dans la poursuite de l'objectif de réduction des potentiels de risque. BRIDOR travaille pour optimiser les molécules concernées (détergents, autres produits maintenance...) au fur et à mesures des améliorations continues proposées par la R&D fournisseur pour limiter toujours plus les impacts des produits. Pour se faire, l'entreprise s'appuie sur de la veille technologique et des essais pour qualifier les solutions à faire évoluer (exemple sur des détergents enzymatiques pour remplacer les détergents chimiques).

2.5.2 Description des potentiels de dangers liés aux équipements et installations

2.5.2.1 Dangers d'incendie

- Sources du danger d'incendie

Le tableau ci-après fait apparaître que la survenance d'un incendie dans les installations peut être inhérente à des causes internes (dysfonctionnement, courts circuits…) ou externes (erreur humaine, travaux de soudure…).

- Matérialisation des dangers, circonstances susceptibles de faire se matérialiser le danger et conséquences possibles

Le tableau ci-après présente les différentes installations et les différents équipements pouvant être associés au danger incendie. Pour chacune de ces installations sont précisées les sources vraisemblables et possibles susceptibles d'être à l'origine du danger, et l'évaluation des conséquences possibles.

Tableau 2-12 : Sources et conséquences du danger d'incendie

Installation	Événement indésirable ou initiateur	Phénomène dangereux	Conséquences redoutées		
			Aux biens	Aux personnes	À l'environnement
Transformateurs /armoires électriques	- arcs et courts-circuits	- incendie entraînant la formation de fumée et de flux thermique rayonné - propagation de l'incendie au local	- destruction du local et des équipements - perturbation de la production	- brûlures à proximité du local - intoxication par les fumées	- pollution atmosphérique liée aux fumées - pollution liée aux eaux d'extinction
Batteries Lithium-Ion	- Surtension - Courant - Température de la batterie	- incendie entraînant la formation de fumée et de flux thermique rayonné	- destruction du local et des équipements, des véhicules	- brûlures à proximité du local ; fumées toxiques	- pollution atmosphérique liée aux fumées
Stockage d'hydrocarbures (gasoil)	- Imprudence des fumeurs, - Travaux d'entretien par points chauds (découpage, meulage,) - Échauffements mécaniques, - Chocs mécaniques (outillage, engins de manutention) - Surfaces chaudes,	Incendie au niveau de la cuve d'hydrocarbures Formation de : - Flammèches - Fumées - Gaz de combustion - Flux thermique rayonné Possibilité de BLEVE ou UVCE	- Destruction du local et des équipements - Arrêt partiel de la production	- brûlures à proximité du stockage -intoxication par les fumées	Pollution atmosphérique liée aux gaz de combustion Pollution liée aux eaux d'extinction incendie
Stockage de matériaux combustibles (matières premières ; emballages et produits finis, déchets)	- imprudence fumeurs - travaux d'entretien par points chauds - engins de manutention - surfaces chaudes - arcs et courts-circuits - étincelles d'origine électrostatique - étincelle d'origine mécanique	- incendie dans la zone de stockage entraînant la formation de fumée et de flux thermique rayonné - propagation de l'incendie au local	- destruction du local	- brûlures à proximité de la zone - intoxication par les fumées	- pollution atmosphérique liée aux fumées - pollution liée aux eaux d'extinction
Ammoniac	- Fuite - imprudence fumeurs - travaux d'entretien par points chauds - surfaces chaudes - arcs et courts-circuits - étincelle d'origine mécanique	- incendie dans la zone de stockage entraînant la formation de fumée et de flux thermique rayonné - propagation de l'incendie au local	- destruction du local	- brûlures à proximité de la zone - intoxication par l'ammoniac et fumées	- pollution atmosphérique liée aux fumées - pollution liée aux eaux d'extinction

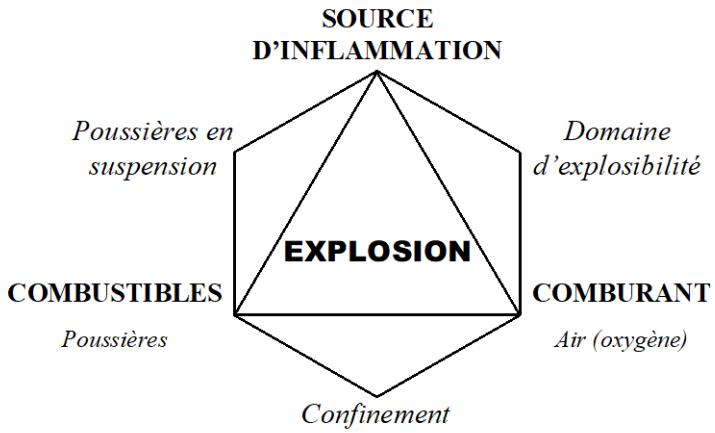
Silos farines	- auto-échauffement - travaux d'entretien par points chauds - surfaces chaudes	- incendie dans la zone de stockage - incendie dans les équipements - propagation de l'incendie au local	- Effondrement du silo	Brûlures, intoxication par les fumées	Pollution liée aux eaux d'extinction

2.5.2.2 Dangers d'explosion

La survenance d'une explosion a pour origine possible :

- une explosion mécanique liée à une surpression ayant pour cause une défaillance mécanique (obstruction de canalisations, défaillance de soupapes de sécurité…),
- une explosion de poussières ou de gaz exigeant la réunion des conditions suivantes :
  - la présence d'un gaz comburant (oxygène de l'air),
  - la présence d'un produit pulvérulent combustible à l'état finement divisé (au moins une partie des particules de dimension inférieure à 0,3 mm)
  - la présence d'une source d'inflammation
  - la présence du produit en suspension (nuage de poudre) ou en dépôt,
  - la présence d'un domaine défini de concentration (LIE < C < LES), comme pour un gaz inflammable,
  - la présence d'un confinement suffisant.

Hexagone de l'explosion de poussières



Pour les nuages poussiéreux, la limite inférieure d'inflammabilité est la plus petite teneur en poussières pour laquelle la combustion, amorcée en un point, peut s'étendre de proche en proche dans tout le volume poussiéreux. Cette limite dépend non seulement de la nature chimique de la poussière combustible, de ses caractéristiques géométriques et de sa granulométrie, mais aussi de la nature et de l'intensité de la source d'inflammation.

Les températures d'inflammation de poussières mises en suspension dans l'air ou en dépôt sur une surface horizontale varient suivant l'appareillage mis en œuvre pour les déterminer.

Par ailleurs, l'inflammation d'un nuage de poussière par une étincelle électrique ne se produira que si l'énergie de cette dernière est suffisante.

Dans la bibliographie (J.P. PINEAU Mécanisme d'explosion : moyens de prévention et de protection »), on trouve la répartition des appareils touchés par des explosions accidentelles de poussière (synthèse de 291 explosions de poussières) suivante :

filtre	22 %
silo	21%
broyeur	13%
transport de pneumatique et transfert	11%
sécheur	8,6%

Parmi les sources d'inflammation ayant déclenché l'explosion de poussières (synthèse de 291 explosions sur une période de cinq ans d'après BECK H. « Straub Explosionen in den letzten Jahren und ihre Ursachen », Modem Unfallverhütung, 22, 78-81), on trouve :

- étincelles d'origine mécanique 29,7 %
- auto-inflammation et nids rougeoyants 15,1 %
- étincelles électrostatiques 9,3 %
- frottement obtenu mécaniquement 8,9 %
- flamme 8,2 %
- surface chauffée 6,5 %
- travaux de soudure 4,8 %
- matériel électrique 3,4 %

Les sources d'ignition susceptibles de créer l'explosion sont identiques à celles pouvant générer un incendie.

Le tableau suivant présente les différentes installations et les différents équipements pouvant être associés au danger explosion. Pour chacune de ces installations sont précisées les sources susceptibles d'être à l'origine du danger, et l'évaluation des conséquences.

Tableau 2-13 : Sources et conséquences du danger d'explosion

Installation	Source de risque	Événement redouté	Conséquences redoutées		
			Aux biens	Aux personnes	À l'environnement
Transformateurs	- défaillance électrique - erreur humaine	- explosion avec onde de choc et projection d'éclats - possibilité de départ d'incendie	- destruction des équipements - dégâts à l'intérieur du local	- blessures possibles dues à la projection d'éclat si une personne est à proximité	- Néant sauf si déclenchement d'un incendie
Batterie Lithium-ion	- surchauffe liée à la réaction chimique incontrôlée pouvant former une atmosphère explosive - source d'ignition	- explosion avec onde de choc et projection d'électrolytes	- destruction des équipements - arrêt des équipements	- blessures possibles dues à la projection d'éclats si une personne est à proximité	- Néant sauf si déclenchement d'un incendie
Compresseurs	- obturation des échappements avec défaillance des soupapes de sécurité	- explosion mécanique avec onde de choc et projection d'éclats - possibilité de départ d'incendie	- destruction des équipements - dégâts à l'intérieur du local	- blessures possibles dues à la projection d'éclats si une personne est à proximité	- Néant sauf si déclenchement d'un incendie

Installation	Source de risque	Événement redouté	Conséquences redoutées		
			Aux biens	Aux personnes	À l'environnement
			- arrêt des équipements alimentés par les compresseurs		
Charge d'accumulateur (production d'hydrogène)	- création d'une atmosphère explosive (mélange air-gaz dans les limites d'explosibilité)	- explosion si présence d'une source d'inflammation avec onde de choc et projection d'éclat - possibilité de départ d'incendie	- destruction des équipements présents au sein du local - dégâts aux structures voisines	- blessures possibles dues à l'onde de choc ou à la projection d'éclats	- Néant sauf si déclenchement d'un incendie
Silos de stockage farines	- création d'une atmosphère explosive (mélange air-poussière dans les limites d'explosibilité)	- explosion si présence d'une source d'inflammation avec onde de choc et projection d'éclat - possibilité de départ d'incendie	- destruction de l'équipement et des équipements proches - dégâts aux structures voisines - perturbation de la production	- blessures possibles dues à l'onde de choc ou à la projection d'éclats	- Néant sauf si déclenchement d'un incendie
Cuve de gasoil	- Création d'une atmosphère explosive en milieu confiné : Mélange air-vapeur dans les proportions comprises dans l'intervalle d'explosivité Fuite de vapeur d'hydrocarbures	Explosion Phénomène de BLEVE ou UVCE : - Onde de choc - Projections d'éclats - Formation d'une flaque - Rejet gazeux Effets secondaires - Déclenchement d'un incendie - Propagation éventuelle de l'incendie	Destruction de la cuve d'hydrocarbures Dégât/destruction des équipements et locaux proches	- Blessures mortelles possibles pour le personnel situé à proximité de la cuve - Blessures par projection d'éclats du personnel et des riverains - Brûlures sur les personnes en cas d'incendie	Pollution du milieu naturel (déversement des hydrocarbures) Pollution atmosphérique en cas de déclenchement d'un incendie
Ammoniac	fuite de gaz -échauffement des capacités	- création d'une atmosphère explosible (propane) -explosion si présence d'une source d'inflammation avec onde de choc et projection d'éclat - possibilité de départ d'incendie - montée en pression du gaz et possibilité d'effet « missile » en cas de soupape défectueuse	-dégâts possibles à la paroi du bâtiment principal - faibles dégâts possibles dus au choc	- blessures possibles dues à la projection d'éclats si une personne est à proximité - blessures possibles si une personne dans la trajectoire	- Néant

Installation	Source de risque	Événement redouté	Conséquences redoutées		
			Aux biens	Aux personnes	À l'environnement
CO2	fuite de gaz	-onde de choc	- Dégâts possibles	Intoxication, asphyxie, blessure à proximité	néant

2.5.2.3 Dangers de perte de confinement

Les dangers de perte de confinement concernent les transformateurs, les compresseurs, les installations de réfrigération (ammoniac), les stockages de liquides (cuve de stockage de levures), les produits chimiques et lessiviels, les réserves d'hydrocarbures, les installations de gestion des eaux usées. Les causes susceptibles de créer une perte de confinement sont présentées dans le tableau suivant.

Les dangers présentés par les principales substances contenues dans les différents équipements et ouvrages présentés ci-dessous, sont répertoriés au paragraphe 2.5.1 « Identification des dangers liés aux produits » et repris dans cette synthèse.

Tableau 2-14 : Sources et conséquences du danger de perte de confinement

Installation	Source de risque	Événement redouté	Conséquences redoutées		
			Aux biens	Aux personnes	À l'environnement
Transformateurs	- vétusté - corrosion - perte d'étanchéité - défaillance humaine (maintenance) - choc conduisant à une brèche ou une fissure	- perte d'huile - formation d'une flaque	- arrêt des équipements alimentés par les compresseurs	- néant	- pollution possible du milieu naturel
Compresseurs	- vétusté - corrosion - perte d'étanchéité - défaillance humaine - choc conduisant à une brèche ou une fissure	- perte d'huile - formation d'une flaque	- arrêt des équipements alimentés par les compresseurs	- néant	- pollution possible du milieu naturel
Installation de réfrigération à l'ammoniac	- vétusté - corrosion - rupture des canalisations - défaillance humaine (maintenance) - choc conduisant à une brèche ou une fissure	- perte ou fuite d'ammoniac : - rejets liquides, Formation d'une flaque et transfert vers les canalisations et voie d'eau - rejet gazeux, formation d'un nuage toxique	- coupure de la réfrigération avec possibilité de perte de produit	- intoxication possible liée à la nature du produit	- pollution possible du milieu naturel
CO2	- vétusté - corrosion	(uniquement par surpression)	- coupure de la réfrigération avec	- intoxication possible liée à la nature du produit	-

Installation	Source de risque	Événement redouté	Conséquences redoutées		
			Aux biens	Aux personnes	À l'environnement
	- rupture des canalisations - défaillance humaine (maintenance) - choc conduisant à une brèche ou une fissure	Perte ou fuite de CO2	possibilité de perte de produit		
Produits chimiques et lessiviels	- défaillance humaine - percement d'un bidon	- perte de la substance - projection de liquide - formation d'une flaque - formation de vapeurs - possibilité de réaction en cas de mélange de produits incompatibles	- néant	- intoxication possible liée à la nature du produit - intoxication possible en cas de dégagement de gaz liée à un mélange de produits incompatibles	- pollution possible du milieu naturel
Cuves de stockage de levure	- vétusté - corrosion - choc conduisant à une brèche ou une fissure - effondrement des silos	- perte de produits pulvérulents,	- dégâts possibles sur les biens proches en cas d'effondrement du silo	- risque sanitaire en cas d'inhalation importante de poussières	- pollution possible du milieu naturel
Réserve d'hydrocarbures	- vétusté - corrosion - rupture des canalisations - défaillance humaine (maintenance) - choc (fissure)	-perte d'hydrocarbures	- Alimentation des véhicules momentanément interrompue	-intoxication possible liée à la nature du produit	-pollution possible du milieu naturel
Installations de gestion des eaux usées	- Défaillance matérielle - défaillance humaine - perte de confinement	- déversement d'effluents non prétraitées ou prétraitées	- néant	- néant	-pollution possible du milieu naturel

2.5.3 Identification des zones de dangers

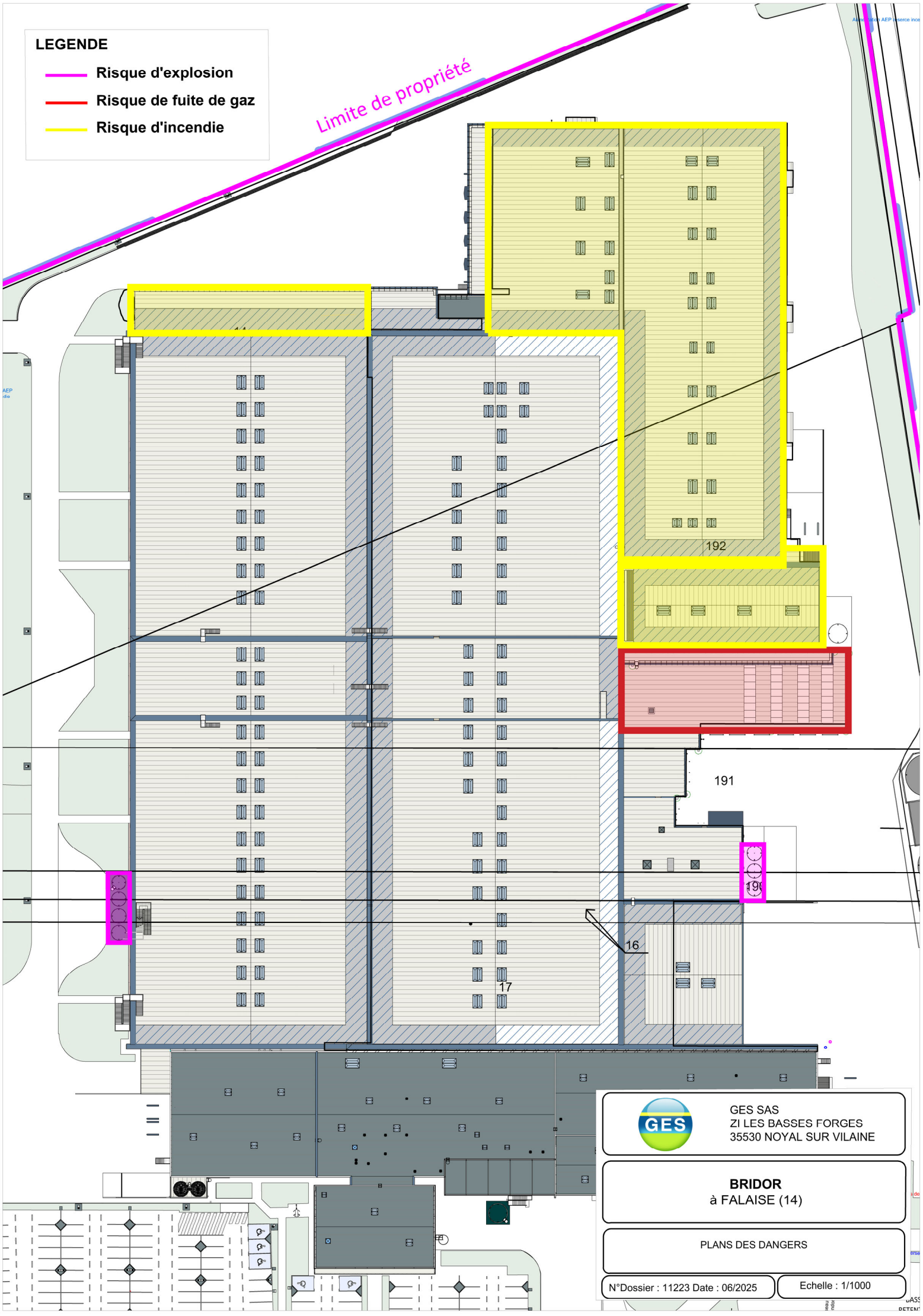
Trois types de dangers ont été identifiés : risque d'incendie, risque d'explosion et risque de déversement accidentel ou de fuite. Ces zones à risques sont identifiées ci-dessous.

- **Zones à risque d'incendie** :
- Transformateurs/armoires électriques ;
- Batteries lithium-ion ;
- Stockage d'hydrocarbures ;
- Stockages de matériaux combustibles ;
- Installations ammoniac ;
- Silos de farine.

- **Zones à risque d'explosion** :
- Transformateurs ;
- Batterie lithium-ion ;
- Compresseurs ;
- Charges d'accumulateurs ;
- Silos de stockage farine ; manutention des big-bags de farines, de sucre ; trémies peseuses
- Stockages de gasoil ;
- Installations ammoniac.

- **Zones à risque de déversement accidentel ou de fuite** :
- Transformateurs ;
- Compresseurs ;
- Installations ammoniac ;
- Installations CO2 ;
- Produits chimiques et de maintenance ;
- Stockage de gasoil ;
- Stockage de levures ;
- Eaux usées.

Le document DRPCE (document relatif à la protection contre les explosions) sera disponible lors du démarrage du site. Dès lors que le document sera finalisé, il sera transmis.



GES SAS
ZI LES BASSES FORGES
35530 NOYAL SUR VILAINE

BRIDOR
à FALAISE (14)

PLANS DES DANGERS

N°Dossier : 11223 Date : 06/2025

Echelle : 1/1000

Zonage ATEX

Zone	Définition
Poussières	
20	Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est présente dans l'air en permanence ou pendant de longues périodes ou fréquemment.
21	Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles peut occasionnellement se former dans l'air en fonctionnement normal.
22	Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles n'est pas susceptible de se former dans l'air en fonctionnement normal ou bien, si une telle formation se produit néanmoins, celle-ci n'est que de courte durée.
Gaz	
0	Atmosphère explosive présente en permanence ou pendant de longues périodes, en fonctionnement normal
1	Atmosphère explosive présente occasionnellement, en fonctionnement normal
2	Atmosphère explosive présente accidentellement, en cas de dysfonctionnement ou pendant de courtes durées

- **Zones ATEX**

BRIDOR réalisera l'étude ATEX (zonage) avec l'appui d'une société spécialisée. Cette étude permet l'identification des zones susceptibles d'être concernées par l'apparition d'une atmosphère explosive au terme du projet et des récentes évolutions du site. Une fois le zonage réalisé, une étude de l'adéquation des équipements électriques sera menée sous la forme d'un Document Relatif à la Protection Contre les Explosions (DRPCE). L'étude sera disponible en 2026 pour la première ligne de production LV15. Elle sera mise à jour lors de la phase 2.

Précisions concernant les salles des machines ammoniac :

- Localisation : Local SDM ammoniac et zone de confinement condenseurs (édicule).
- Installation / Équipements : Compresseurs, séparateurs de liquide, échangeurs, canalisations et condenseurs adiabatiques.
- Substance dangereuse identifiée : Ammoniac (R717).
- Mode de fonctionnement (simplifié) : L'ammoniac liquide est stocké sous pression dans le circuit frigorifique. Des canalisations transportent l'ammoniac liquide vers les échangeurs pour passage à un état gazeux. L'ammoniac gazeux est aspiré par les compresseurs pour un acheminement vers les condenseurs situés en zone de confinement. En tant qu'échangeurs, les condenseurs favorisent le passage de l'ammoniac gazeux en ammoniac liquide pour un renvoi de ce dernier dans le séparateur de liquide. De l'huile est présente et utilisée dans le process pour la lubrification des compresseurs. L'huile chauffée dans les compresseurs est refroidie à travers un refroidisseur d'huile situé à l'extérieur du local (circuit d'eau glycolée). Les canalisations de transferts sont des canalisations soudées. Les gaz libérés au niveau de la soupape de décharge, en cas de surpression, sont collectés dans une canalisation pour échappement vers l'extérieur.
- Dispositifs de sécurité :
    - Ventilation de l'installation : Le local disposera d'une ventilation mécanique de sécurité. Cette ventilation couvre l'ensemble du local y compris la zone de confinement. La vitesse de la ventilation, fournie par l'exploitant est de 10 m/s.
    - Détection et extinction : Des détecteurs d'ammoniac sont installés. Les installations électriques sont asservies à la détection.
        - 1er seuil de détection : déclenchement d'une alarme visuelle et sonore,
        - 2e seuil de détection, coupure des énergies.

- De la détection incendie est également présente. Des extincteurs adaptés aux risques à combattre seront positionnés dans les locaux.
- Des formations, des procédures et consignes sont prévues pour une exploitation en sécurité des installations.

Le local SDM n'est donc pas considéré comme zone ATEX, seulement les équipements assurant la sécurité au-delà du 2^{e} seuil sont de construction ATEX.
En outre, BRIDOR va installer des détecteurs ammoniac avec un seuil d'avertissement du risque explosion (15 et 20% de la LIE).

3 ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE DES CONSEQUENCES REDOUTÉES

3.1 OBJECTIFS

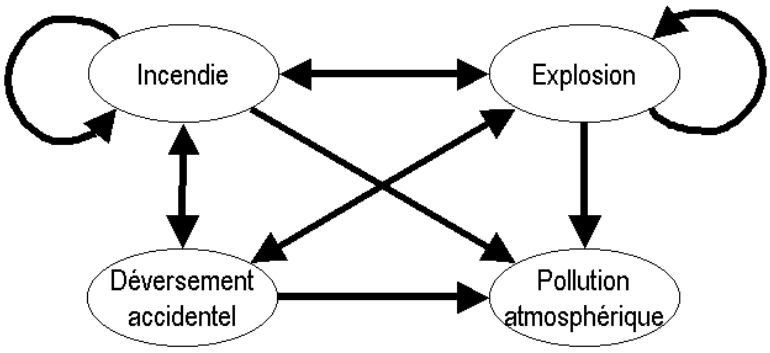
Pour chaque événement redouté identifié à l'étape 1, une approche **qualitative** des conséquences de l'événement est réalisée.

Les critères appréhendés sont principalement à ce premier niveau d'analyse : les effets dominos potentiels et les effets au-delà des limites de propriété.

Cette seconde étape d'évaluation préliminaire des conséquences redoutées est basée sur une estimation des potentiels de danger identifiés à l'étape 1, des mesures de protection présentes et du retour d'expérience. Elle permet de sélectionner les éventuels événements redoutés qui devront faire l'objet d'une analyse ultérieure plus détaillée.

3.2 DEFINITION DES EFFETS DOMINOS

Les risques d'effets dominos peuvent être résumés selon l'organigramme suivant :



On considère qu'un scénario est susceptible d'engendrer un effet domino sur un autre système critique si les deux conditions ci-après sont vérifiées :

- Il n'y a effet domino que si les effets engendrant une destruction sont induits.
- Il n'y a effet domino que si un équipement critique se trouve inscrit dans le cercle de destruction afférent au scénario considéré.

L'analyse des effets dominos potentiels consiste à examiner si des scénarios initiateurs sont capables de propager l'accident dans d'autres secteurs de l'établissement, et conduire à des effets sur l'environnement extérieur à l'établissement. Les effets dominos possibles seront recensés pour chaque installation dans les paragraphes ci-après.

3.3 MESURES AYANT UNE INFLUENCE SUR LA SÉCURITÉ

3.3.1 Mesures générales ayant une influence sur la sécurité

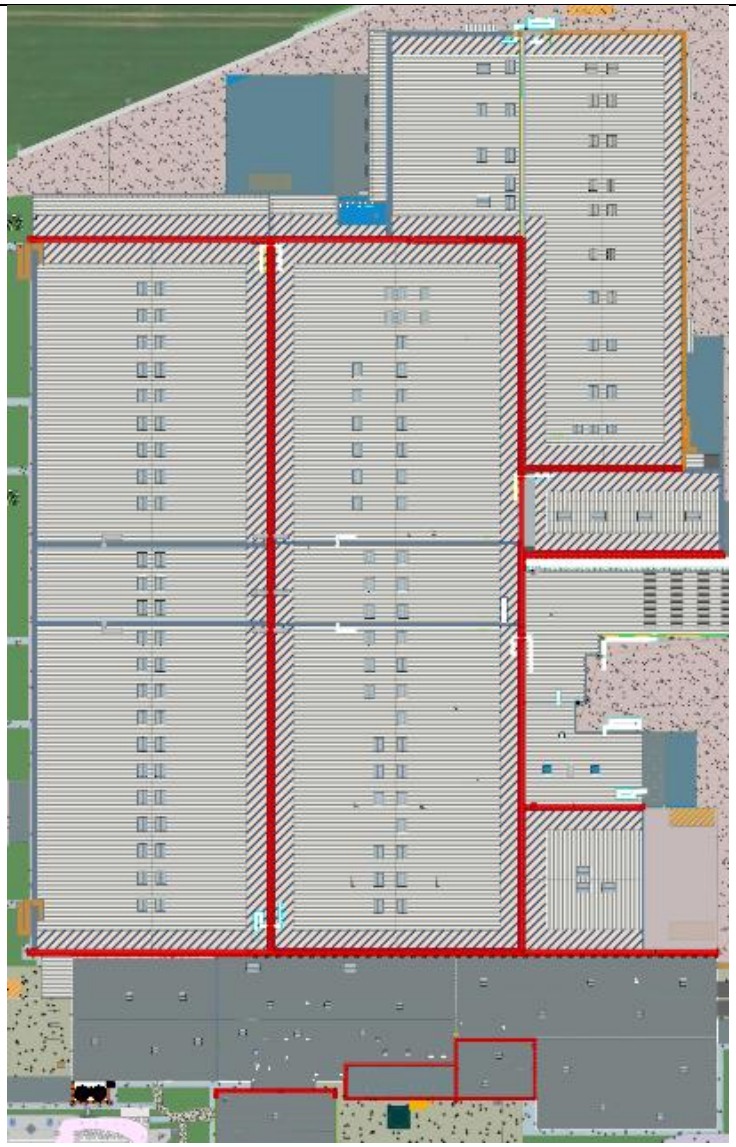
Les mesures générales présentées ci-après permettent de :

- limiter la survenance de sources d'ignition,
- limiter la défaillance des équipements,
- réagir efficacement et rapidement à la survenance d'un sinistre,
- mettre à l'abri le personnel de l'établissement.

Compte tenu des conséquences, les mesures générales énoncées ci-après doivent être considérées comme des paramètres importants pour la sécurité (IPS).

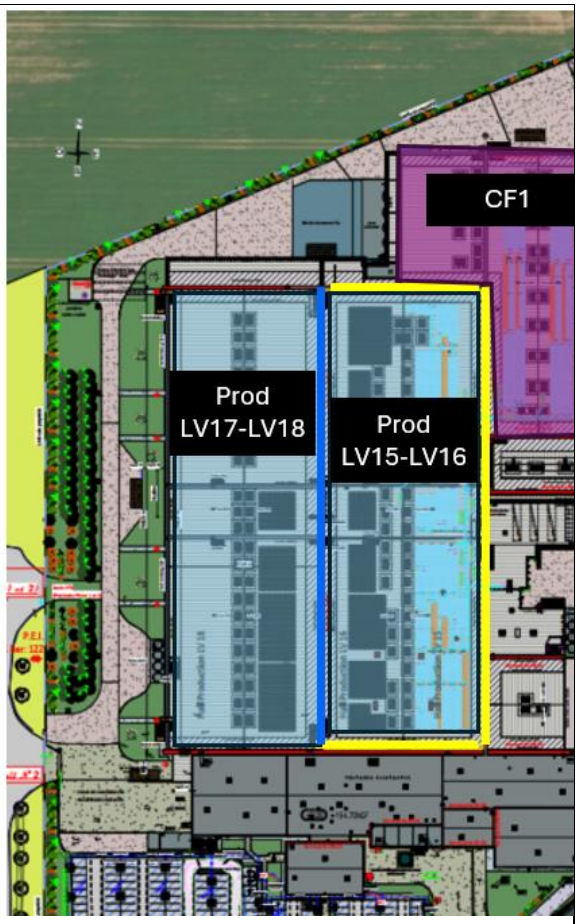
Tableau 3-1 : Mesures générales

Mesures destinées à limiter la survenance de source d'ignition	
Travaux par points chauds/ Permis de feu	Permis de feu applicable pour tous travaux par points chauds (soudage, meulage, brasage, …) et spécifique à toute intervention comportant un risque d'incendie ou d'explosion.
Interdiction de fumer	Applicable à tout l'établissement Affichée dans l'établissement. Seuls des espaces extérieurs sont prévus à cet effet.
Interdiction d'apporter du feu	Applicable à tout l'établissement. Information du personnel
Vérifications périodiques des installations électriques	Contrôle annuel des installations par société spécialisée Contrôle annuel thermographique par société spécialisée Contrôle annuel des blocs autonomes d'éclairage de sécurité par société spécialisée Vérifications périodiques par le service de maintenance de l'entreprise.
Mesures destinées à limiter la défaillance des équipements	
Actions préventive et corrective	Le service de maintenance veille au maintien de la qualité des installations pour éviter les dysfonctionnements. Un système GMAO (*gestion de maintenance assistée par ordinateur)*
Vérifications périodiques des autres équipements	Une société spécialisée vérifie les appareils de levage et de manutention (fréquence semestrielle ou annuelle selon les appareils) Les appareils sous pression sont contrôlés annuellement par une société spécialisée Les dispositifs de lutte contre l'incendie sont vérifiés annuellement par une société spécialisée (extincteurs, RIA, bornes incendie) Les exutoires de désenfumage sont contrôlés annuellement par société spécialisée Les installations de sprinklage sont contrôlées semestriellement par une société spécialisée avec essai interne hebdomadaire Les rideaux d'eau sont contrôlés semestriellement. Les portes coupe-feu sont vérifiées annuellement par une société spécialisée Les détecteurs incendie seront contrôlés annuellement par une société spécialisée Les détecteurs NH3, CO2, O2 et H2 sont vérifiés annuellement par une société spécialisée Les installations de réfrigération sont suivies par une société spécialisée intervention trimestrielle (sécurité) et annuelle (tuyauterie et HP) Les installations de refroidissement sont vérifiées trimestriellement et annuellement
Mesures de détection et de lutte incendie	
Dispositions constructives	L'ensemble des extensions présentent a minima une structure R15. La Chambre froide a une structure béton R120. Toiture BROOFT3. Les Murs séparatifs REI 120 sont localisés en rouge sur la figure suivante :



Rideau d'eau (15l/min/ml)
R1 : 270 ml pour le mur coupe-feu entre le hall de production LV 15-16 vers les locaux MP, déchets, locaux techniques, emballages et chambre froide.
R2 : 158 ml entre les deux halls de production.
Les rideaux d'eau seront alimentés par une réserve de 860m³ (réserve totale de 1 100 m³ dont 240 m³ pour les points d'eau incendie).

Localisation des rideaux d'eau

	Légende repérage rampe d'arrosage: Rampe d'arrosage phase 1 Hypothèse: 15l / min.nl Longueur phase 1: 270ml Volume cuve installé: 1100m³ Rampe d'arrosage phase 2 Hypothèse: 15l / min.nl Longueur phase 2: 158ml Volume cuve installé: 1100m³ Rampe d'arrosage phase 1 + 2 : 428ml  En cas d'incendie dans la chambre froide, R1 sera mis en fonctionnement. En cas d'incendie dans le hall de production phase 2, seul R2 fonctionnera. En cas d'incendie dans le hall LV15-16, R1 et R2 fonctionneront. Locaux techniques : maçonnerie REI 120 vers les autres locaux (SDM, local de charge, TGBT, local maintenance) Les bureaux de quais au niveau de l'expédition sont également recoupés par des murs coupe-feu (+ plafonds) avec les locaux attenants.
Détection incendie/ sprinklage	L'ensemble des locaux (existants et futurs) seront sprinklés Tous les nouveaux locaux seront sprinklés y compris dans les combles, à l'exception de la chambre froide qui sera dotée d'une détection haute sensibilité et de la salle des machines ammoniac (sous détection). La chambre froide est équipée d'une détection incendie haute sensibilité. Armoires électriques dans la Salle Des Machines (SDM) : détecteur de fumées standard. Ces réseaux de détection, y compris le réseau de sprinklage, sont reliés à un réseau d'alarme sonore et reportée vers une centrale puis vers la maintenance, le personnel d'astreinte, selon un système d'alerte en cascade. L'ensemble des bâtiments est équipé d'un réseau de boîtier coup de poing d'évacuation et bris de glace. Un plan d'opération interne (POI) sera établi par BRIDOR. Il présentera le détail des équipements de détection et de lutte incendie.
Centrale d'alarme et alerte	- Cette centrale permet : - d'identifier la zone en alarme ; - d'activer le cas échéant manuellement les sirènes générales de tout l'établissement.

	- Procédures et consignes écrites relatives au fonctionnement de la centrale et procédure à observer en cas de déclenchement d'une alarme. - en cas de besoin, des sirènes d'évacuation sont audibles sur l'ensemble du site et un signal spécifique est associé à chaque type de phénomène dangereux (fuite toxique, incendie).
Moyens de lutte incendie	Réseau de RIA dans le local emballages. Un réseau d'extincteurs répartis dans tout l'établissement (certification N4). Réseau de sprinklage certifié N1. 2 sources de sprinklage: 2x 911 m³. 3 réserves incendie de 240 m³, dont 2 enterrées. 1 réserve pour le rideau d'eau (1100 m^3) 4 Poteaux incendie : - Boulevard du pays de Falaise : 122 m³/h à 1 bar ; - Rue des grêles : 110 m³/h sous 1 bar ; - Rue du petit bois : 122 m³/h et 103 m³/h ; Par sécurité, seul un poteau sera retenu pour un fonctionnement en simultané à 90 m³/h.
Équipiers de Première Intervention (EPI)	Rôle : avertir et intervenir immédiatement dans sa zone de travail avec les moyens disponibles sur place. Ces équipiers reçoivent une formation initiale et des formations de recyclage régulières. Effectifs : la majeure partie du personnel sera formée
Équipiers de Seconde Intervention (ESI)	Rôle : protéger et sauvegarder les salariés et les moyens de production en attendant l'arrivée des secours extérieurs, il complète l'action des EPI en apportant et en utilisant des moyens complémentaires (RIA, ARI, ...) Effectifs : tout le personnel de maintenance est formé.
Autres formations	- ARI - Sprinklage - ATEX - Centrale incendie - Sécurité - SST - Guide file /Serre file - Conduite et maîtrise ammoniac - Travailleur en hauteur - Procédure en cas d'incendie sur site : fermeture du bassin de confinement des eaux d'extinction, accueil des secours ;
Procédure d'évacuation	- Exercices évacuations organisés tous les ans, pour l'ensemble du personnel. - Désignation de guides d'évacuation. Des membres du personnel auront également pour mission de fermer les « files d'évacuation » - Définition de point de rassemblement formalisé par un affichage (ces points de rassemblement seront portés à la connaissance du personnel lors de l'embauche et d'exercice) - Réseaux de Bloc Autonome d'Eclairage de Sécurité, - affichage dans tout l'établissement de plans d'évacuation, - Présence d'exutoires de fumées à commande manuelle/et ou automatique favorisant l'évacuation des fumées et gaz chauds et facilitant le cas échéant l'évacuation du personnel Ces procédures sont formalisées dans le cadre du plan d'urgence et mises en application lors des exercices et révisées le cas échéant.
Plan d'urgence	Un Procédure d'urgence sera constitué Ce plan est destiné à :

	- Définition des mesures organisationnelles, des moyens à mettre en œuvre en cas d'accident, - Formaliser les chaînes des responsabilités - Assurer une bonne coordination des secours Ce plan sera actualisé au fur et à mesure des agrandissements de l'établissement.

Dans la suite de l'étude :
Les mesures limitant l'apparition de source d'ignition seront dénommées « **mesures prévention incendie** »,
Les mesures limitant les risques de défaillance des équipements seront dénommées « **contrôle- maintenance** »,
Les mesures destinées à lutter contre l'apparition d'un sinistre seront dénommées « **mesures de protection sinistre** ».

3.3.2 Mesures particulières ayant une influence sur la sécurité

3.3.2.1 Surveillance du site

Le site ne représente pas une cible d'importance d'un point de vue de la malveillance. Il pourrait s'agir d'un acte isolé et perpétré par des personnes cherchant à assouvir une vengeance personnelle vis-à-vis de l'industriel.

Une intrusion pourrait représenter l'élément précurseur à l'amorce d'un sinistre sur le site (accident, source d'allumage pour des matières combustibles...).

Pour limiter ce risque, les mesures suivantes sont en place :
- Site entièrement clôturé ;
- Un système de vidéo-surveillance.

Informations sur les produits stockés
Des documents permettant de connaître la nature et les risques des produits dangereux utilisés dans l'établissement, en particulier les fiches de données de sécurité prévues dans le Code du Travail et les fiches techniques sont présentes sur le site. Ces documents sont consultables en permanence, notamment dans le plan d'urgence.

Le personnel concerné connaît les risques liés aux produits manipulés (formation adaptée à chaque poste : chauffeur, atelier de production, nettoyage…).

À l'intérieur de l'installation, les contenants portent en caractères lisibles le nom des produits et les symboles de danger. Des consignes d'utilisation sont prodiguées.

Procédures générales et consignes
Différentes mesures de prévention sont affichées et signifiées au personnel :
- interdiction de fumer pour l'ensemble de l'établissement,
- la procédure d'alerte avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours …

Les consignes de sécurité sont établies pour faire face aux situations accidentelles et pour la mise en œuvre des moyens d'intervention, d'évacuation du personnel et d'appel aux moyens de secours extérieurs.

Ces consignes indiquent notamment :

- la conduite à tenir et les mesures d'urgence à prendre en cas d'accident (incendie, explosion, déversement accidentel de liquide…),
- les moyens d'intervention et de protection à utiliser en fonction des risques,
- les procédures d'arrêt d'urgence des installations,
- les interdictions de fumer et d'apporter du feu sous une forme quelconque.

Sont de plus en place :

- balisage des moyens d'extinction, des issues de secours,
- localisation des organes de coupure de l'alimentation électrique, de l'alimentation en combustible des chaudières, des installations de réfrigération.

- **Remarque spécifique pour les installations ammoniac**

Le principe retenu pour la conception des salles des machines est le confinement de l'ammoniac dans la SDM. Le transport du froid et sa distribution étant assuré par un fluide frigoporteur (eau glycolée en froid positif ou CO2 en froid négatif). Les canalisations reliant la SDM aux condenseurs sont capotées dans un édicule.

Nous consacrerons un paragraphe spécifique pour ces installations cf. §3.3.3.

3.3.2.2 Moyens de secours publics

En cas d'incendie, le centre de secours principal de Falaise se situe à 3,5 km du site de BRIDOR. En cas de besoin, le deuxième centre de secours le plus proche se situe à Potigny, à 6,8 km au nord du site.
Le temps d'intervention est estimé en fonction des casernes entre 5 et 20 minutes.

Besoin en eau incendie et confinement des eaux d'extinction

- **Besoins en eau incendie**

Objectif et Méthodologie
L'objectif est de mettre à disposition des services de secours les volumes d'eau nécessaires à l'extinction d'un incendie.

Les besoins en eau incendie ont été calculé sur la base de l'instruction D9 -2020 (Guide pratique pour le dimensionnement des besoins en eau – INESC – FFSA – CNPP). Les feuilles de calcul sont présentées en annexe 1.

Hypothèses de calcul
Selon l'annexe 1 fascicule B (industries agroalimentaires), correspondant aux boulangeries et pâtisseries industrielles, l'activité est de risque 1 et le stockage de risque 2.

La localisation des murs coupe-feu est présentée au §3.3.1.

Les zones présentant un risque majoritaire d'incendie ayant été étudiées sont :

- Hall de production LV15-LV16 ;
- Hall de production LV15-LV16 phase 2 ;
- Stockage des produits finis : chambre froide négative ;

Une note sur la défense extérieure contre l'incendie (DECI) a été rédigée afin de préciser le calcul et les hypothèses retenues pour chaque scénario. La note est présentée en annexe 1. Seules les principales conclusions sont présentées par la suite.

Les résultats de la D9 pour chaque scénario sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 3-2 : Résultats D9 des différents scénarios – besoins en eau d'extinction

Scénario	D9 (m³/h)	D9 (m³/2h)
Hall de production LV15-LV16	420	840
LV15-16 – phase 2	420	840
Chambre froide	450	900

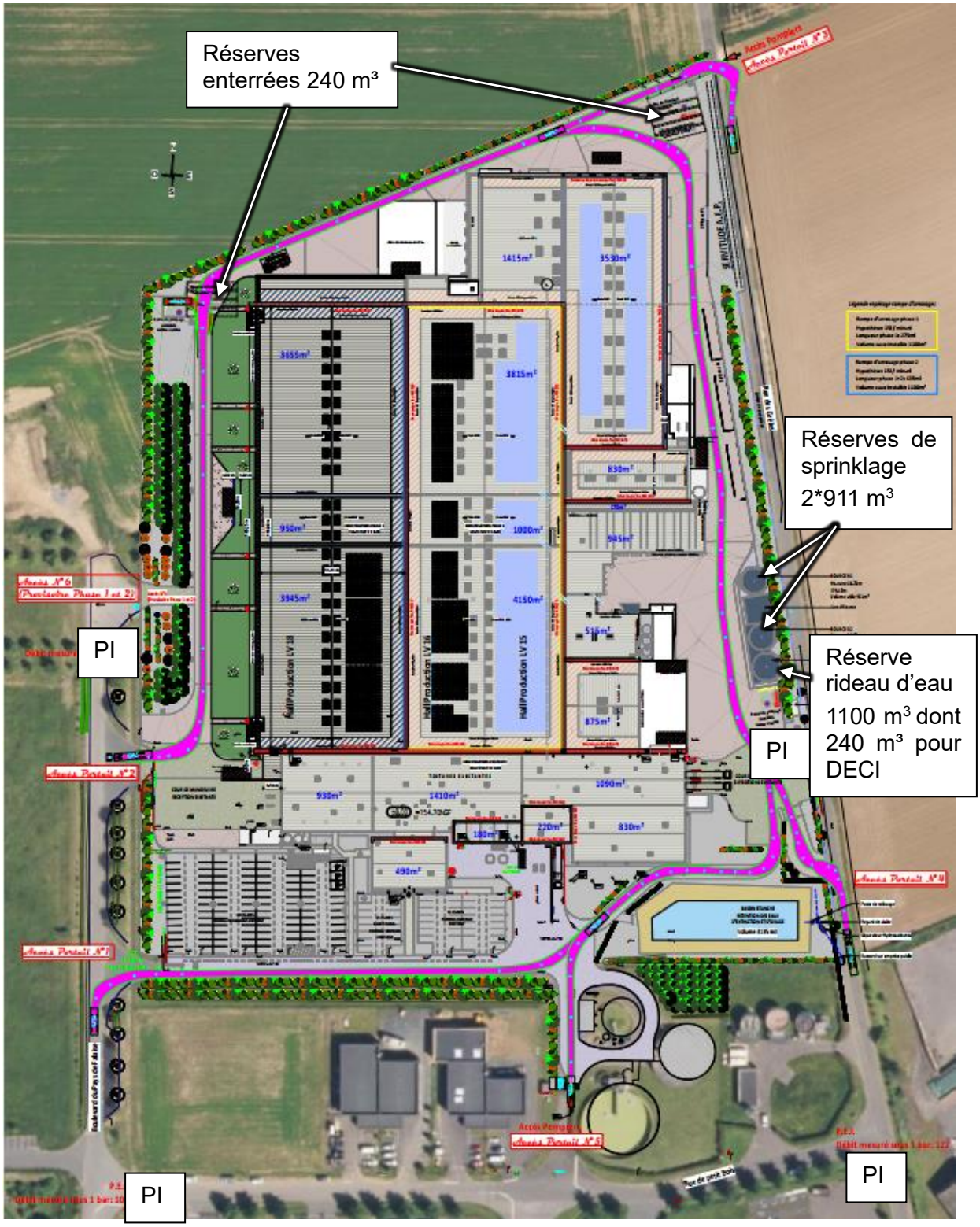
Les besoins en eau incendie sont estimés à 900 m³ pendant 2h.

Le site de BRIDOR dispose de :
- 2 sources de sprinklage (2*911 m^3 dont une redondante) ;
- Rideau d'eau des murs coupe-feu alimenté par 1 réserve de 860 m^3 ; cette réserve est équipée de deux prises pompier (60 m^3/h / prise) ;
- 240 m³ dans la réserve rideau d'eau ;
- 2 réserves incendie de 240 m³ réparties sur le site ;
- 4 poteaux incendie publics ;
    - Boulevard du pays de falaise (le plus proche des bâtiments étudiés) ;
    - Rue des grêles;
    - Rue du petit bois ;
    - En l'absence de mesure en simultané, un seul poteau à 90 m³/h sera retenu.

Ces ressources permettent de fournir au minimum :
- 480 m³ en réserves ;
- 180 m³ pour 2h par le poteau incendie ;
- 240 m^3 pour la cuve rideau d'eau ;
    - Soit 900 m³

Les besoins en eau d'extinction incendie (900 m^3) sont couverts par les ressources disponibles (900 m^3). Les accès et voies de circulation pour les secours sont figurés en rose.

Figure 3-1 : Localisation des ressources en eau



Les ressources en eau sont en adéquation avec les besoins.

- **Confinement des eaux d'extinction**

L'évaluation des besoins en confinement des eaux d'extinction produites pendant un sinistre a été déterminée, pour la plus grande surface non recoupée par des murs coupe-feu, selon l'instruction technique D9A « Défense extérieure contre l'incendie et rétention ».

En plus des besoins en eau d'extinction déterminés précédemment, l'instruction technique D9A prend en compte le volume d'eau ruisselant sur les surfaces imperméabilisées en cas d'épisodes pluvieux (à raison de 10 mm soit 10 l/m²).

Les résultats D9A des scénarios étudiés sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 3-3 : Résultats D9A des scénarios considérés

Scénario	D9A (m³)
LV14-15	*3 073*
LV15-16 – phase 2	2 587
Chambre froide	1 393

Le volume majorant est celui correspondant aux lignes de production LV14-15. Le volume minimal à mettre en confinement est de 3 073 m³. Le bassin au sud du site a une capacité de 3 135 m³.

Le bassin de confinement est suffisamment dimensionné.

- **Procédures mises en place spécifiques au risque incendie**

En cas d'incendie, une procédure sur la fermeture de la vanne en sortie du bassin de confinement sera formalisée. La procédure sera similaire à celle en place sur le site de Louverné :

- Fermeture de la vanne en sortie du bassin par le personnel formé ;
- Accueil des secours (faciliter l'accès au site).

Deux accès pompiers seront formalisés sur le site : rue du petit bois, au sud du site (à proximité du bassin de confinement) et rue des Grêles au nord du site (à proximité d'une des réserves incendie enterrées).

La procédure d'urgence du site sera formalisée. Elle sera similaire à celle en place sur le site de Servon-sur-Vilaine :

- Prévenir un responsable ;
- Attaquer le feu ou appelez les secours ;
- Rassembler le personnel ;
- Evacuer le site.

Chaque zone du site se verra attribuer un responsable de zone chargé de prévenir les responsables des zones voisines, de faire l'appel et de s'assurer sur l'ensemble des salariés de la zone sont en sécurité.

3.3.3 Liste des bonnes pratiques et des mesures de sécurité liée aux installations ammoniac

Une étude spécifique à l'étude des dangers Ammoniac a été rédigée par Atlantic Refrigeration Consulting (ED NH3). La liste des bonnes pratiques en annexe 6 de l'ED NH3. Le dossier complet de l'étude de dangers ammoniac est présenté en annexe 2.
Les principales mesures sont reprises ci-après.

3.3.3.1 Bonnes pratiques de prévention

De bonnes pratiques seront mises en œuvre sur le site qui agiront en prévention des accidents et pour la maitrise des risques :

- Formation des responsables et intervenants :
  - ✓ Exploitation sous la responsabilité d'une personne nommément désignée ;
  - ✓ Intervention sur les appareils à pression par des personnes formées ;

- Formation et exercices réguliers :
  - ✓ Formation au risque ammoniac de toutes les personnes intervenant sur les installations ;
  - ✓ Sensibilisation de tout le personnel de l'entreprise et des sous-traitants sur les risques de l'ammoniac et du CO_2;
  - ✓ Exercices réguliers d'intervention et de conduite en marche dégradée.

- Connaissance de la quantité d'ammoniac dans l'installation (circuit ou en réserve) : un registre à jour existe, précisant les mouvements d'ammoniac.

- Existence de procédures et consignes opératoires :
  - ✓ Procédures de conduite de l'installation incluant les phases spécifiques (purges d'huile, vidange ou remplissage de l'installation…) ;
  - ✓ Procédures sur les contrôles à effectuer au cours des différentes phases (marche normale, mise à l'arrêt, remise en service après arrêt…) incluant les contrôles des dispositifs de sécurité ;
  - ✓ Procédures de travaux par point chaud ;
  - ✓ Procédures de contrôle des installations électriques ;

- Vérifications réglementaires par une personne compétente et faisant l'objet d'un compte-rendu ; ces vérifications sont réalisées au moins une fois par an (inspection annuelle), avant la première mise en service ou à la suite d'un arrêt prolongé (vérification). En particulier, l'état des tuyauteries fait l'objet de contrôles réguliers, tracés avec une attention particulière sur les points singuliers (piquages secondaires, manchons, coudes, passages dans les murs). Le calorifuge doit également être contrôlé (aspect, pose…). L'étanchéité des réservoirs est également contrôlée.

3.3.3.2 Mesures de sécurité en prévention

Des mesures de sécurité sont mises en œuvre agissant en prévention ou limitation des effets d'un accident :

- Limitation de la montée en pression :
  - ✓ Prévention des montées en pression :
    - L'installation est conçue pour limiter les montées en pression, notamment par l'éloignement avec de potentielles sources chaudes ;
    - Montée en température en sortie de compresseur : pour mémoire, le compresseur est équipé de systèmes de régulation et de contrôle qui évitent une température excessive au refoulement du compresseur mais il ne s'agit pas de mesures de sécurité.
  - ✓ Pressostat à l'aval du(des) compresseur(s) ;
  - ✓ Soupapes de sécurité équipant les capacités et toute partie d'installation contenant de l'ammoniac liquide pouvant être isolée en phase normale.

- Prévention des effets des vibrations : les compresseurs volumétriques présents dans l'installation sont susceptibles d'engendrer des vibrations pouvant conduire à des fuites en cas de vibrations excessives.

- Prévention des coups de liquide (ou coups de bélier) au niveau des tuyauteries et en amont des compresseurs (indicateur de niveau sur les ballons BP et MP et dispositif anti-coup de liquide est également requis en amont des compresseurs). Le réseau de tuyauterie est conçu pour éviter les coups de bélier.

- Prévention des chocs et bris mécaniques : les tuyauteries ou les organes sensibles (vannes de purges, FUts de transvasement…) sont protégés des chocs par gardes métalliques ou murs de rétention, ou par une installation en hauteur et des bris mécaniques par des supports rapprochés et résistants.

- Prévention de la corrosion : Les tuyauteries sont conçues avec les matériaux et revêtements adaptés en respectant les réglementations (équipements sous pression, compresseurs…). Des vérifications réglementaires doivent aussi avoir lieu régulièrement. Dans le cas de l'utilisation d'acier carbone, il est mis en place de la bande grasse sur les tuyauteries avant isolation. La bande grasse sur les séparateurs de liquide est aussi une bonne pratique.

- Prévention des fuites sur des organes ou des tuyauteries :
  - ✓ Obturation des sorties directes de vannes à l'atmosphère, les points de purges sont obturés par des bouchons adaptés. L'expérience montre que l'utilisation de bouchon inox est recommandée, recouvert de bande grasse pour les parties soumises au gel ou à la condensation ;
  - ✓ Systèmes pour faire face aux dilatations et contractions des tuyauteries ;
  - ✓ Protection des flexibles contre les dommages mécaniques, les contraintes excessives par torsion ou par d'autres forces et contrôles réguliers (inspection visuelle), on notera que le site ne possède pas de flexible, et que les interventions avec flexibles le sont avec une société avec toutes les certifications nécessaires.
  - ✓ Surveillance de la pompe BP vis-à-vis des risques de cavitation et de fonctionnement à vide.

- Prévention de l'échauffement du moteur : pour mémoire, l'installation est équipée de systèmes de conduite et de commande en prévention de l'échauffement du moteur mais il ne s'agit pas de mesures de sécurité.

- Prévention des erreurs sur intervention (opérations de purges, transvasement…) :
  - ✓ Consignes d'intervention écrites ;
  - ✓ Formation du personnel intervenant ;
  - ✓ Repérage adaptée des équipements (tuyauteries et vannes) ;
  - ✓ Pour les purges d'huile :
    - Existence de deux vannes dont une à contrepoids ou une seule vanne cumulant les deux fonctions d'arrêt automatique et d'arrêt manuel
    - Consignes s'appuyant sur les instructions du fabricant
  - ✓ Pour les transvasements (remplissage ou vidange d'installation) :
    - Consignes d'intervention écrites ;
    - Utilisation de flexibles contrôlés régulièrement, stockés de manière à prévenir leur détérioration et ré-éprouvés ou changés régulièrement ;
    - Clapet anti-retour côté installation évitant le retour d'ammoniac depuis l'installation ;
    -

- Utilisation de fûts adaptés, répondant à la réglementation des équipements sous pression ;
- Entreposage des bouteilles ou fûts dans des zones protégées sous rétention lors de la mise en service ou lors d'intervention, en temps normal le site ne stocke pas de bouteilles ni de containers sur place ;

o Prévention de la dépression : pour mémoire, l'installation est équipée de systèmes de conduite et de commande en prévention de la dépression mais il ne s'agit pas de mesures de sécurité.

o Prévention des effets des incendies :
  - ✓ Prévention des propagations d'incendie par des locaux en matériaux adaptés et avec des contraintes d'étanchéité sur les portes et passages de gaines et tuyauteries ;
  - ✓ Prévention des départs de feu dans la salle des machines par des mesures telles que permis de feu, interdiction de fumer…. Les locaux sont aussi régulièrement nettoyés et le stockage de matières inflammables autres que celles utiles à l'installation (huile en quantité aussi réduite que possible) n'est pas autorisé dans la salle des machines ;
  - ✓ Limitation des effets d'un incendie :
    - Détection : les installations (salle des machines, édicule) sont équipées de détecteurs incendie. En cas de déclenchement, une alarme sonore et lumineuse est actionnée pour intervention éventuelle ;
    - Moyens de lutte contre l'incendie : des dispositifs d'extinction manuels sont installés ;
    - Intervention : des exutoires de fumées à commandes automatique et manuelle sont installés en partie haute de la salle des machines, avec des commandes manuelles situées à l'extérieur de la salle des machines, près des accès.

L'ensemble de ces mesures font l'objet de vérifications périodiques (entretien et tests par un technicien qualifié).

3.3.3.3 Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la fuite toxique

Les fonctions de sécurité suivantes sont mises en œuvre sur l'installation de BRIDOR :

o **Réduction du temps de fuite :** la barrière est constituée des éléments suivants :

- ✓ Détection de fuite : en salle des machines et édicule
  - Détection gaz essentiellement (du fait de l'absence de personnel dans la salle des machines en marche normale) ;
  - Détection humaine mais avec un temps de réponse plus important qui dépend de différents facteurs (taux de présence des personnes, mode de surveillance de la salle des machines ou des autres parties d'installations…) ; l'action sur des boutons d'arrêt d'urgence (BAU) permet de déclencher les actions de sécurité.
- ✓ Détection de fuite : au niveau des condenseurs (extérieur) – mode sec
  - Pour répondre à une fuite d'ammoniac en mode sec, la détection sera assurée par une centrale d'aspiration reliée à une centrale de détection, avec 3 points de prélèvements par condenseur.

- ✓ Détection de fuite : au niveau des condenseurs (extérieur) – mode humide
  - Pour répondre à une fuite d'ammoniac en mode humide, une sonde pH sera placée, dans le siphon d'évacuation de l'eau d'imprégnation du média (une sonde par bac). Voir tableau 3.4.
- ✓ Action :
  - Arrêt des installations qui se traduit par l'arrêt du compresseur et par l'arrêt de la pompe BP, sauf si la fuite se produit sur le circuit BP, hors de la salle des machines, auquel cas le compresseur est maintenu en service pour éviter une montée en pression ;

- o **Protection et mise à l'abri des personnes :** la barrière est constituée par la détection de fuite et l'action nécessite le lancement, par une personne responsable, de la procédure d'urgence avec protection des personnes. Cette barrière n'est pas retenue dans le cadre de l'étude de dangers car elle fait intervenir des moyens externes à la société pour la protection des personnes à l'extérieur du site.

- o **Réduction des effets par mise en route de l'extraction :** la barrière est constituée des éléments suivants :
  - ✓ Détection de fuite : comme précédemment ;
  - ✓ Action : mise en route de l'extraction d'urgence qui se fait :
    - Automatiquement sur détection gaz ;
    - Manuellement par action sur un bouton (indépendant de celui arrêtant les installations).

3.3.3.4 Mesures de prévention vis-à-vis du risque de fuite NH3

L'étude préalable d'implantation des détecteurs ammoniac est présentée dans l'annexe 14 de l'étude de dangers NH3, conformément à l'article 42 de l'arrêté du 16/07/1997.
La détection gaz est équipée de deux seuils de sécurité qui déclenchent les asservissements en deux temps + un seuil pour le risque d'explosivité :

- 1er seuil : alarme visuelle et sonore + ventilation d'urgence ;
- 2ème seuil : idem 1er seuil (le visuel et sonore seront différents du 1er seuil) + mise en sécurité des installations (coupure des alimentations électriques de tous les équipements du local technique), alarme générale

Les détecteurs toximétriques (0 – 5000 ppm) auront pour seuils :

- Le premier seuil de détection sera au maximum de 500 ppm ;
- Le second seuil de détection sera au maximum de 1000 ppm ;

Les détecteurs explosimétriques (0 -100 % LIE) avec un seuil d'avertissement prévenant du seuil d'explosivité (15 et 20%), pour avoir une lecture en cas de forte concentration d'ammoniac et donc l'anticipation d'une évacuation dans un périmètre de sécurité.

La localisation et le nombre des détecteurs sont donnés au tableau suivant.

La configuration de l'implantation des détecteurs dans la SDM, les combles et lieux d'utilisation est précisée dans le tableau suivant.

Tableau 3-4 : Détecteurs sur l'installation ammoniac

Désignation	Détecteur gaz ATEX SIL2 (catalytique) > 0-100% LIE	Détecteur gaz ATEX SIL2 (électronique) > 0-5000 ppm	Détecteur pH
Local SDM			
SDM partie haute[N5]	1		
Zone de compression [N1]	2		
Séparateur de liquide BP [N1]	2		
Séparateur de liquide MP[N1]	1		
Zone récupération de chaleur	1		
Collecteur d'échappement soupapes de sécurité[N3]	1	Ou (1)	
Circuit MPG (-8/-4°C) [N4]			1
Circuit MPG (+0/+4°C) [N4]			1
Circuit MPG chaud [N4]			1
Circuit récupération de chaleur			1
Rejets des eaux du local [N2]			1
Local Edicule SDM			
Edicule partie haute [N5]	1		
Zone intérieur		4	
Collecteur d'échappement soupapes de sécurité [N3]	1	Ou (1)	
Condenseurs adiabatiques (en extérieur)			
Intérieur du condenseur		6	
Rejets des eaux condenseur adiabatique [N2]			1

N1 : Suivant EN 378-3 article 9.3.3 « Détecteurs de R717 »
N2 : Il est possible de faire un contrôle du pH commun aux rétentions, l'objectif étant une totale maitrise du risque de pollution à l'intérieur du site. Pour cela il faudra collecter les eaux de déconcentration avant rejet vers la station. Le montage de la sonde ph pourra se faire dans un syphon largement dimensionné équipé d'une vanne motorisée en sortie. Cette vanne motorisée sera asservie à la détection pH (fermeture en cas de fuite ammoniac, ph élevé).
N3 : Le contrôle des soupapes peut se faire dans une boite à soupapes (contrôle commun). Attention à la plage de mesure de ce capteur dédié aux soupapes.
N4 : Une seule détection pH est suffisante si les circuits sont communs.
N5 : Ce capteur est nécessaire dans la gestion du risque d'explosivité de l'ammoniac en cas de forte concentration (disfonctionnement de l'extracteur d'air ammoniaqué par exemple)

Le tableau suivant présente les actions liées aux détections.

Tableau 3-5 : Spécifications du système de détection ammoniac

Cinétique du système de détection ammoniac		Signal sonore	Signal lumineux	Extraction NH3	Arrêt système SDM	Coupure des énergies (sources électriques)
	3ème Seuil 10% LIE	Signal 3	Bleu	Oui	Oui	Oui
	2ème seuil 1 000 ppm	Signal 1 + 2	Rouge	Oui	Oui	Oui
	1er seuil 500 ppm	Signal 1	Orange	Oui	Non	Non
	Opération de maintenance (1)	RAS	Jaune	Oui en mode forcée	Non	Non
	Conditions normales de fonctionnement	RAS	Vert	Non	Non	Non
Etape 1	**Signal sonore n°1 :** Buzzer Alarme (> 10 dB du niveau de bruit ambiant)					
Etape 2	**Signal sonore n°2 :** Sirène Alarme (Audible en tout point du site)					
Etape 3	**Signal sonore n°3 :** Sirène hurlante (Audible en tout point du site)					
Etape 2	**Arrêt système de réfrigération** : Arrêt impératif de l'alimentation générale de tous les départs électriques alimentant des équipements dans la SDM					
Etape 2	**Coupure des énergies :** Coupure instantanée de toutes les sources d'alimentation électrique des équipements se trouvant dans la salle des machines et ce depuis d'extérieur de la salle des machines					
	AU : Une action sur AU (Arrêt d'urgence, aura le même effet que l'étape 2					
(1)	Un mode maintenance peut être activé pour un signalement d'une opération en cours (exemple une purge d'huile avec des émanations d'ammoniac possibles)					
(NB)	Toutes les étapes sont à associer à des procédures d'interventions bien définies					

3.3.3.5 Mesures de protection / limitation vis-à-vis de l'explosion

La prévention de l'inflammation d'un nuage d'ammoniac est assurée par :

- Prévention des inflammations : des mesures sont prises pour prévenir les sources d'inflammation (permis de feu, interdiction de fumer…).
- La conception adaptée des installations électriques et leur contrôle régulier par des personnes compétentes ;
- La définition des zones ATEX : les mesures prises sur la salle des machines (détection, ventilation, arrêt des alimentations électriques…) permettent de ne pas classer la salle des machines en zone à risque ATEX,

- L'arrêt des installations électriques en cas de fuite d'ammoniac dans un local ; l'arrêt de toutes les alimentations électriques est assuré, sauf celles alimentant les sécurités évitant la persistance de l'ATEX (ventilations, détections gaz). Les autres sécurités potentielles (isolement éventuel, sécurités de niveau sur les capacités, sécurités de pression haute sur les compresseurs…) doivent être de conception à sécurité positive et mettre ainsi le système en position de sécurité.
- Exigences ATEX sur l'extracteur d'urgence : le moteur est de conception ATEX. Le ventilateur évite également la formation d'étincelles. L'éclairage de secours est ATEX.

Les détecteurs (0 -100 % LIE) ATEX vont permettre une lecture et déclencher l'alarme sonore et visuelle en cas de forte concentration et donc l'anticipation d'une évacuation.

3.3.3.6 Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la pollution

La salle des machines est conçue pour faire office de rétention. Ainsi, le seuil de la salle des machines est surélevé pour que le sol fasse office de rétention.

La rétention est correctement dimensionnée (vis-à-vis des capacités et résistance aux substances pouvant se déverser…).

Les matières incompatibles ne sont pas stockées dans une même rétention.

3.3.3.7 Système de régulation et de contrôle

Les installations de réfrigération à l'ammoniac comportent également des systèmes de régulation et de contrôle qui ne sont pas considérés comme des mesures de maîtrise des risques.

- Prévention des coups de liquide : niveau haut sur bouteille BP ou MP ;

- Prévention des dépressions sur bouteilles BP et MP ;
  - ✓ Transmetteur de pression / Pressostat (pression basse) sur bouteille BP ou MP ;
  - ✓ Transmetteur de pression / Pressostat (pression basse) sur compresseur ;
  - ✓ Les transmetteurs de pression associés à un automate programmable auront pour fonction dans un premier temps d'interdire la montée en puissance, et dans un second temps un forçage de réduction de puissance (on appelle cela faire de la limitation, activé par une pré-alarme).

- Prévention de l'échauffement excessif du moteur :
  - ✓ Relais thermique : Il a pour rôle d'arrêter le compresseur en cas de surintensité du moteur électrique (réglage suivant puissance pour compresseur BP et réglage d'aspiration pour compresseur HP) ;
  - ✓ Thermostat d'huile : il a pour rôle d'interdire le démarrage du compresseur si la température d'huile est insuffisante pour assurer une bonne lubrification ;
  - ✓ Pressostat différentiel d'huile : le pressostat arrête le compresseur en cas d'écart de pression faible entre la pression d'aspiration d'huile et la pression au refoulement ;

- o Prévention excès de température au refoulement du compresseur : Transmetteur de température / thermostat de refoulement : il a pour rôle d'arrêter le compresseur en cas de température au refoulement trop élevée ; Une pré-alarme aura pour fonction dans un premier temps d'interdire la montée en puissance, et dans un second temps un forçage de réduction de puissance.

- o Prévention de la cavitation de la pompe : pressostat de pompe BP : Il a pour rôle d'éviter la cavitation de la pompe ; il arrête la pompe si la pression différentielle entre le refoulement et l'aspiration est trop faible.

Tous ces organes sont régulièrement contrôlés pour en vérifier le bon fonctionnement.

3.3.3.8 Tableau de synthèse des mesures de prévention

Le tableau ci-après récapitule les mesures (bonnes pratiques et mesures de sécurité) en prévention identifiées précédemment.

Tableau 3-6 : Synthèse des mesures de prévention et de sécurité

Numérotation des mesures	Intitulé général des bonnes pratiques et des mesures de sécurité en prévention et pour la maitrise des risques
O	Procédures de conduite et d'exploitation de l'installation
R	Vérifications réglementaires
P	Limitation de la montée en pression
V	Prévention des effets des vibrations
L	Préventions des coups de liquide
B	Prévention des chocs et bris mécaniques
C	Prévention de la corrosion
F	Prévention des fuites sur les organes ou tuyauteries
E	Prévention de l'échauffement excessif du moteur
H	Prévention des erreurs sur interventions
D	Prévention de la dépression
I	Prévention des effets des incendies
T	Prévention vis-à-vis de la fuite toxique
X	Prévention vis-à-vis de l'explosion
P	Prévention vis-à-vis de la pollution
N	Prévention des effets des causes naturelles
A	Prévention des effets des causes externes non naturelles

3.3.3.9 Mesures de prévention vis-à-vis du risque de fuite CO2

L'annexe 15 de l'étude de dangers NH3 précise spécifiquement les mesures de sécurité appliquées au risque CO2.
Ces mesures sont déterminées conformément à la norme EN 378-3.

Les détecteurs infrarouges CO2 auront pour seuil :
- Le premier seuil de détection sera au maximum de 5 000 ppm ;
- Le second seuil de détection sera au maximum de 15 000 ppm ;

Les 15 000 ppm sont le résultat en appliquant 50% de ATEL/ODL.

La configuration de l'implantation des détecteurs dans la SDM, les combles et lieux d'utilisation est précisée dans le tableau suivant.

Tableau 3-7 : Configuration de l'implantation des détecteurs pour l'installation CO2

Désignation	Détecteur infrarouge CO2	Détecteur O2
Local SDM		
SDM		1
Zone 1 (zone de compression)	1	
Zone 2 (zone bouteille BP11)	1	
Zone 3 (zone bouteille BP12)	1	
Zone 4 (zone de condensation)	1	
Comble techniques		
Combles techniques surgélateurs		1
Combles techniques CF négative		1
Station de vannes surgélateur LV15	1	
Station de vannes surgélateur LV16	1	
Station de vannes CF rognures	1	
Station de vannes CF négative	2	
Locaux de production (atelier de travail)		
Atelier surgélateur LV15	2	1
Atelier surgélateur LV16	2	1
CF rognures	1	
CF négative	2	

Ces détecteurs mettent en route l'extraction d'urgence.

Tableau 3-8 : Localisation et débit des extracteurs (installation CO2)

Désignation	Ventilation	Débit (m³/h)
SDM local production de froid	Ventilateur SDM	33 000
Surgélateur		5 000
CF négative		5 000

Le débit d'extraction minimum est calculé selon la norme NF EN 378/3 : $V = 14*M^{2/3}$
V : l/s
M : masse CO2 du plus grand circuit

Le débit horaire minimum doit être supérieur à 4 fois le volume de la SDM. Le débit minimum horaire n'est pas limité en débit maximal, il est ajusté en fonction de l'étude des scénarii, du refroidissement de la SDM, du respect du débit d'extraction (qui doit être inférieur à 15 fois le volume de la SDM).

L'extraction de sécurité se fait en partie basse. Dans les locaux techniques, la ventilation mécanique se fait en partie basse. En condition normale un volet est fermé sur l'extérieur. Lors d'une détection le volet s'ouvre et la ventilation est mise en service.

Dans les combles techniques, la ventilation mécanique se fait en partie basse des combles, les entrées d'air sont les aérations déjà prévu pour les combles.

Pour les ateliers de production le brassage se fera par les CTA en passant en air neuf + la mise en service d'extracteur, ce qui permettra un brassage de l'atelier.

3.4 ÉVALUATION PRELIMINAIRE DES CONSEQUENCES REDOUTÉES

Cette étape consiste à estimer, pour chaque équipement et événement redouté, la gravité des conséquences redoutées en se basant sur une approche qualitative et le retour d'expérience.

Une analyse détaillée du risque ne sera engagée que pour les événements redoutés pour lesquels d'évaluation préliminaire laisse pressentir des conséquences à l'extérieure des limites de propriétés.

3.4.1 Transformateurs

Installation	Transformateurs secs, locaux électriques
Événements identifiés	- Défaillance électrique (Arcs et courts-circuits, surtension...) - Erreur humaine (travaux par points chaud, choc, société extérieure...) - Perte de confinement (choc, vétusté…)
Phénomènes redoutés pour le site	- Incendie - Explosion (transformateur)
Mesures/Équipements de prévention	- Locaux spécifiques. - Local fermé à clé, accès réservé, personnel habilité. - tous les appareils sont posées sur rétention - Matériel électrique conforme aux normes en vigueur - aucun appareil ne contient des PCB -Mesures contrôle-maintenance appliquées à l'installation (société spécialisée, – personnel BRIDOR). - Mesures prévention-incendie
Conséquences principales possibles	- Déversement : pollution du milieu - Incendie : destruction de l'équipement et dégât sur le local, blessure possible sur une personne à proximité. - Explosion : destruction de l'équipement et dégât sur le local, blessure possible sur une personne à proximité.
Cinétique	- Cinétique : cinétique rapide pour l'incendie et l'explosion
Effets dominos possibles	- Propagation d'incendie
Mesures/Équipements de protection	- Déversement : rétention - Incendie : des extincteurs adaptés sont présents à proximité des locaux et le personnel est formé à son utilisation. Les locaux sont munis de détection incendie - Explosion : Les transformateurs sont situés dans des locaux conçus en maçonnerie.
Gravité estimée	- Déversement : interne au site : non retenu (n°1) - Incendie : interne au site : non retenu (n°2) - Explosion : interne au site : non retenu (n°3)

3.4.2 Stockage des emballages

Installation	Stockage des emballages plastiques/papiers/cartons
Événements identifiés	- Embrasement des emballages suite à un contact avec une source d'ignition.
Phénomènes redoutés pour le site	- Possibilité de départ d'incendie.
Mesures/Équipements de prévention	- Mesures de contrôle-maintenance - Mesures de prévention incendie - Local sprinklé - Local compartimenté par des murs REI 120 avec bande incombustible MO (5m) - Désenfumage 2 % - RIA
Conséquences possibles	- Incendie : destruction du stockage, blessure sur une personne à proximité.
Cinétique	- Cinétique : la présence de matériaux plastiques induit une cinétique de développement rapide de l'incendie
Effet domino possible	- Propagation de l'incendie aux bâtiments proches (locaux de production, atelier production, chambre froide négative)
Mesures/Équipements de protection	- Incendie : Mesures de protection sinistre (équipements de lutte incendie, EPI, ESI, sprinklage,) Local équipé de désenfumage - Effet domino : des murs coupe-feu REI 120 séparent ces stockages de tous les autres locaux contigus.
Gravité estimée	- Incendie : non retenu (Cas n°4)

3.4.3 Stockage des palettes

Installation	Stockages de palettes vides sous auvent. Stockage maximum de 3 600 palettes, 500 m³
Événements identifiés	- Embrasement suite à un contact avec une source d'ignition.
Phénomènes redoutés pour le site	- Possibilité de départ d'incendie.
Mesures/Équipements de prévention	- Mesures de contrôle-maintenance - Mesures de prévention incendie - Mur coupe-feu avec local de production et bureaux - Auvent sprinklé (et hors gel)
Conséquences possibles	- Incendie : destruction du stockage, blessure sur une personne à proximité.
Cinétique	- Cinétique : la nature des matériaux d'emballage induit une cinétique de développement rapide de l'incendie
Effet domino possible	- Propagation de l'incendie aux locaux proches
Mesures/Équipements de protection	- Incendie : Mesures de protection sinistre (équipements de lutte incendie, EPI, ESI)
Gravité estimée	**- Incendie : Retenu (Cas n°5) car proche de la limite de propriété**

3.4.4 Stockages des produits finis

Installation	Stockages des produits finis : chambre froide négative (-20°). Stockage des produits finis sur racks jusqu'à 11,2 m.
Événements identifiés	- Embrasement des matériaux combustibles suite à un contact avec une source d'ignition.
Phénomènes redoutés pour le site	- Possibilité de départ d'incendie.
Mesures/Équipements de prévention	- détection haute sensibilité - Mesures de contrôle-maintenance - Mesures de prévention incendie - mur REI 120 renforcé par un rideau d'eau avec le local emballage et la production
Conséquences possibles	- Incendie : destruction du stockage, blessure sur une personne à proximité.
Cinétique	- Cinétique : la nature des produits finis induit une cinétique lente de développement de l'incendie et une présomption de non propagation de l'incendie
Effet domino possible	- Propagation de l'incendie au sein de l'unité peu probable
Mesures/Équipements de protection	- Incendie : Mesures de protection sinistre (équipements de lutte incendie, EPI, ESI) Murs séparatifs REI 120
Gravité estimée	- Incendie : **Quantité de matières stockées et distance à la limite de propriété : Retenu (Cas n°6)**

3.4.5 Stockage de produits lessiviels et chimiques

Installation	Cuves et bidons de produits lessiviels, chimiques et maintenance
Événements identifiés	- Perte de confinement. - Déversement accidentel dû à une défaillance humaine lors de la manipulation de produits chimiques - Incendie des liquides inflammables en cas de source d'ignition
Phénomènes redoutés pour le site	- Déversement de produits vers le milieu naturel. - Possibilité de mélange de produits incompatibles avec réaction exothermique ou dégagement de substances nocives, toxiques…
Mesures/Équipements de prévention	- Locaux de stockage spécifique avec accès limité - Stockage tampon au poste de lavage en quantité limitée - Manipulation limitée au personnel habilité, - Emplacements réservés à chaque type de produits - Mesures de contrôle-maintenance appliquées aux contenants pour assurer le contrôle de l'étanchéité. - Formation de base sécurité pour tout le personnel comprenant l'utilisation de produits dangereux, - Élaboration de procédures et de consignes de poste : - Mesures de sécurité incendie - Séparation stricte des produits acide et base sur les rétentions
Conséquences possibles	- Déversement : pollution possible du milieu naturel, intoxication liée à la nature du produit. - Mélange : dégagement possible de gaz toxique suivant les produits concernés. - Incendie : destruction du local, propagation aux locaux proches.
Cinétique	- Cinétique : cinétique faible du déversement, rapide pour la réaction chimique en cas de mélange et pour l'incendie
Effet domino possible	- propagation aux locaux proches en cas d'incendie
Mesures/Équipements de protection	- Déversement : Contenants de petites capacités pour la grande majorité des produits limitant les risques d'écoulement important. Nature des contenants adaptés aux produits, Produits placés sur des rétentions adaptées - Mélange : Rétention spécifique placée par type de produits – Séparation systématiques des acides et bases - Incendie : détection incendie, équipements de lutte, sprinklage
Gravité estimée	- Déversement : interne au site : non retenu (Cas n°7) - Mélange : interne au site : non retenu (Cas n°8) - Incendie : interne au site : non retenu (Cas n°9)

3.4.6 Réserve de gasoil

Installation	Réserves de gasoil
Caractéristiques des produits utilisés dans l'installation	Liquide inflammable et dangereux pour l'environnement. Le site dispose de 4 réserves de gasoil pour un total de 1650 l : une cuve de 750 l dans le local sprinklage, 3 réserves de 300 l pour les motopompes.
Risques identifiés	- Perte de confinement (choc, vétusté...), erreur humaine - Inflammation en présence d'une source d'ignition - Création d'une atmosphère explosive (mélange air-hydrocarbures)
Événements redoutés	- Déversement de produits vers le milieu naturel. - Incendie. - Explosion.
Mesures/Équipements de prévention	- Matériaux des réserves adaptés au produit - Petite quantité présente sur le site (1650 l) - Réserves implantées dans un local spécifique (local motopompe) réduisant les risques de choc - L'accès à ce local est limité. - Mesures de contrôle-maintenance
Conséquences principales possibles	- Déversement : pollution possible du milieu naturel, intoxication liée à la nature du produit. - Incendie : Dégât sur les équipements et structures proches, blessures sur les personnes à proximité - Explosion : Dégât sur les équipements et structures proches, blessures sur les personnes à proximité
Cinétique	- Cinétique : cinétique faible à rapide pour le déversement selon l'origine de l'écoulement, cinétique rapide d'un incendie, cinétique rapide de l'explosion (non prise en compte de la durée d'exposition au feu)
Effet domino possible	- Néant : locaux sprinklage spécifiques éloignés des autres bâtiments
Mesures/Équipements de protection	- Déversement : réserve posée sur rétention. Cuve double enveloppe protégée contre les risques de chocs - Incendie/Explosion : réserve implantée dans un local spécifique en parpaing limitant l'intensité d'une explosion ou d'un incendie et sa propagation vers les installations proches. - local sprinklage conçu en maçonnerie - Équipements de lutte incendie (extincteur et réserve incendie) et formation du personnel à leur manipulation - Explosion : pas de source d'ignition à l'intérieur de la fosse maçonnée
Gravité estimée	- Déversement interne au site : non retenu (Cas n°10) - Incendie : interne au site : non retenu (Cas n°11) - Explosion interne au site : non retenu (Cas n°12)

3.4.7 Charges d'accumulateurs

Installation	Postes de charges d'accumulateurs
Événements identifiés	- Dégagement de dihydrogène - Perte de confinement (acide)
Phénomènes redoutés pour le site	- Explosion en cas de présence d'une source d'ignition - Incendie : court-circuit en cours de charge - Dégradation possible des installations proches par contact avec l'acide
Mesures/Équipements de prévention	- murs et porte coupe-feu 2h - ventilation ; - regarde de collecte des déversements accidentels ; - sprinklage ;
Conséquences possibles	- Explosion : destruction des équipements proches, blessure sur les personnes à proximité - Incendie : destruction de l'équipement en feu - Déversement : Dégradation possible des installations proches par contact avec l'acide
Effet domino possible	- Néant
Mesures/Équipements de protection	- Explosion : Mur en maçonnerie, détection H2 - Incendie : Distance entre chargeurs et les stockages de matières combustibles (local spécifique) - Déversement : bac de rétention.
Gravité estimée	- Explosion : interne au site : non retenu (Cas n°13) - Incendie : interne au site : non retenu (Cas n°14) - Déversement : interne au site : non retenu (Cas n°15)

3.4.8 Batteries Lithium-Ion

Installation	Batterie Lithium-ion
Sources de risque identifiées	- défaillance électrique - échauffement - choc - dégagement gazeux
Événements redoutés pour le site	- explosion en cas de présence d'une source d'ignition - incendie
Mesures / Équipements de prévention	- dispositifs de protection électrique : différentiel, disjoncteurs adaptés - vérification technique régulière des batteries - formation des opérateurs - Absence de charge de trottinettes dans les locaux sociaux - Limitation du nombre d'engins en charge simultanée dans les ateliers - Espacement des zones de charge de plusieurs mètres
Conséquences possibles	- Incendie : destruction des équipements proches, blessures sur les personnes à proximité, fumées toxiques
Cinétique	- Incendie : rapide - Explosion : rapide
Effets dominos possibles	- propagation de l'incendie aux installations proches
Mesures/Équipements de protection	- pour les postes de recharge des véhicules : éloignement de plus de 10 m des bâtiments - extincteurs adaptés aux eux de batteries lithium-ion

Gravité estimée	- Incendie : interne au site : non retenu (Cas n°16) - Explosion : non retenu (cas n°17)

3.4.9 Installation ammoniac

Une étude danger spécifiquement liée à l'installation ammoniac a été menée par ATLANTIC Refrigeration Consulting. Nous reprenons ci-après les principaux éléments de cette étude. Le rapport complet est présenté en annexe 2.

Installation	Circuit de réfrigération à l'ammoniac : 4 700 kg de NH3
Caractéristiques des produits utilisés dans l'installation	Gaz toxique et inflammable. NH3, CO2 et eau glycolée.
Sources de risque identifiées	- Vétusté/corrosion/rupture des canalisations - Défaillance humaine - Choc conduisant à une brèche ou une fissure.
Événements redoutés pour le site	-Fuite d'ammoniac sous forme gazeuse ou liquide (rupture d'un tube ou d'une canalisation). - Incendie - Déversement ammoniac sous forme liquide vers le milieu naturel
Mesures / Équipements de prévention	**Mesures globales** - formation des responsables et intervenants ; - Vérifications périodiques des installations ; **Fuite/Déversement** - Intérieur de la salle des Machines équipée **:** ➢ 3 compresseurs à vis MP (-11 °C) avec séparateur d'huile ; ➢ 2 compresseurs à vis BP (-3°C) avec séparateur d'huile ; ➢ 1 compresseur à piston MP (-11°C) avec séparateur d'huiles ; ➢ 1 compresseur à pistons MP (-3°C) avec séparateur d'huile ; ➢ 2 désurchauffeur à plaques ; ➢ 2 condenseurs à plaques ; ➢ 1 séparateur de liquide BP01 -11°C moyenne température ; ➢ 1 séparateur de liquide MP01 -3°C moyenne température ; ➢ 5 séparateurs de liquide BP cascade -11°C moyenne température ; ➢ 2 échangeurs NH3/CO2 sur BP cascade -11°C moyenne température ; ➢ 2 échangeurs NH3/glycol sur BP01 moyenne température ; ➢ 2 échangeurs NH3/glycol sur MP011 moyenne température ; ➢ 1 pot de soutirage d'huile sous les séparateurs de liquide MP ; ➢ Un système de détection de fuite d'ammoniac et un extracteur de sécurité. ➢ Un système de détection de fuite d'ammoniac dans l'édicule ➢ Un extracteur en partie basse pour le CO2

	- Extérieur de la Salle des Machines équipé **:** ➢ 6 condenseurs adiabatiques ; ➢ Un aéroréfrigérant (pour le refroidissement d'huile) ; ➢ Les armoires électriques de puissance et régulation ; ➢ Un système de détection de fuite d'ammoniac dans l'édicule. **Incendie** - Détecteurs incendie (avec alarme sonore et lumineuse) ; - Moyens de lutte contre l'incendie (dispositifs d'extinctions manuels) ; - Un dispositif d'évacuation des fumées (extracteur ATEX 400°C) à commande manuelle (l'extraction de NH3 est prioritaire sur le désenfumage). Vérifications et entretiens périodiques.
Conséquences possibles	- Fuite de gaz : possibilité d'intoxication de personne en cas de retombée d'ammoniac gazeux au niveau du sol - Fuite liquide : pollution possible du milieu naturel si déversement d'ammoniac liquide vers le cours d'eau - Incendie en cas d'une source d'ignition forte
Cinétique	- Fuite de gaz et de liquide : lente (fissure, défaut d'étanchéité) ou rapide (rupture franche) - Incendie : rapide
Effets dominos possibles	- propagation de l'incendie aux installations proches
Mesures/Équipements de protection	- Fuite de gaz : - arrêt des installations - l'installation est confinée et reliée aux salles des machines (absence d'ammoniac dans les autres locaux) - hauteur de rejet de 15 m permettront une bonne dispersion de l'ammoniac en cas de fuite. - l'entreprise possède des combinaisons avec appareils respiratoires autonomes (ARI), des masques à gaz avec cartouches filtrantes et un rince-œil à proximité des salles des machines, régulièrement contrôlés. - Procédure d'intervention en place et équipe d'intervention formée. - Fuite liquide : salle des machines sur rétention empêchant les risques de déversement vers l'extérieur - Incendie : SDM conçues avec des parois coupe-feu évitant toute propagation vers les autres locaux.
Gravité estimée	- Fuite de gaz : **retenu (Cas n°18)** - Pollution suite à fuite liquide : interne au site : non retenu (Cas n°19) - Incendie : interne au site : non retenu (Cas n°20)

3.4.10 Installations de stockage de produits pulvérulents

Installation	Silo de stockage de farine – big-bags sucre et farines 7 silos de 100 m³
Événements identifiés	- Vétusté, perte d'étanchéité, corrosion, choc - Création d'une atmosphère explosible (mélange air-poussière compris dans les limites d'explosivité). - Auto-inflammation, auto-échauffement
Phénomènes redoutés pour le site	- Perte de matière ou effondrement d'un silo - Explosion en cas de présence d'une source d'ignition - Incendie
Mesures/Équipements de prévention	- Silos étanches évitant les envols de poussières à l'extérieur - Rayon du silo largement inférieur à la dimension critique induisant un risque d'autoéchauffement - Durée de stockage courte - Mise à la terre des silos, - Procédure interne de contrôle régulier des mises à la terre, - Mise à la terre de la citerne lors du dépotage - Hotte d'aspiration des poussières au niveau du poste de déchargement des sacs. - Mesures de contrôle-maintenance appliquées aux silos (état des silos, étanchéité…), - Nettoyage hebdomadaire de la zone (nettoyage complet annuel) - Procédure écrite de nettoyage - Sprinklage dans les jupes des silos - Events d'explosion - Soupapes de sécurité dédiées à une suppression due à un mauvais remplissage Pour les silos, la norme de sécurité et de prévention contre les explosions suivant le principe d'évitement de la source d'inflammation effective utilisée est la EN 1127-1 Chapitre 6.1 §a. Tous les composants seront ATEX ne permettant d'atteindre l'EMI (Energie Minimale d'Inflammation). Cette disposition est garantie par le constructeur. Pour les zones de manutention : équipements électriques ATEX
Conséquences possibles	- Perte de matières ou effondrement : - Explosion : destruction du silo, blessure sur les personnes à proximité, perturbation de la production. - auto-échauffement : non retenu
Effet domino possible	- Destruction possible des structures proches (silos)
Mesures/Équipements de protection	- Perte de matière : zones des silos raccordées au bassin de confinement - Explosion : pas de source d'ignition dans le silo
Gravité estimée	- Perte de matière ou effondrement : Interne au site non retenu (Cas n°21) - Explosion silos équipés d'évents **: Retenu (Cas n°22)**

3.4.11 Stockage en cuve de matières liquides alimentaires

Installation	Silos levure : 2 silos
Événements identifiés	- Fuite
Phénomènes redoutés pour le site	- Déversement
Mesures/Équipements de prévention	- Vérification régulière des installations de stockage et des canalisations de transfert - silos sur rétention - Mesures de contrôle-maintenance - Mesures de prévention incendie.
Conséquences possibles	- Déversement : Pollution organique du milieu naturel
Cinétique	- Déversement : rapide en cas de rupture franche, lente en cas de fuite réduite
Mesures/Équipements de protection	- Déversement : les silos sont sur rétention
Gravité estimée	- Déversement : interne au site : non retenu (Cas n°23)

3.4.12 Station de prétraitement des eaux usées

Installation	Station de prétraitement des eaux usées
Événements identifiés	- fuite - perte de confinement
Phénomènes redoutés pour le site	- déversement d'effluents non traitées ou de graisses
Mesures/Équipements de prévention	- réseaux de collecte EU et EP séparatifs - station implantée sur une aire étanche
Conséquences possibles	- Déversement : pollution possible du milieu
Cinétique	- Déversement : lente (fuite) ou rapide (rupture)
Mesures/Équipements de protection	- collecte par le bassin de confinement
Gravité estimée	- Déversement : interne au site, non retenu (cas n°24)

3.4.13 Panneaux photovoltaïques

Installation	Panneaux photovoltaïques en toitures de la production et de la chambre froide Puissance installée de 647,1 kWc sur 1 874 m². Production électrique autoconsommée à 100%.
Événements identifiés	- Incendie
Phénomènes redoutés pour le site	- propagation de l'incendie au bâtiment
Mesures/Équipements de prévention	- Toiture BROOF T3 - Respect de l'arrêté ministériel du 4/10/2010 - Mesures de contrôle-maintenance - Mesures de prévention incendie. - Vérification périodique des installations électriques
Conséquences possibles	- Incendie : Destruction de la structure, blessure sur une personne à proximité
Cinétique	- Incendie : rapide
Gravité estimée	- Incendie : interne au site, non retenu (Cas n°25)

3.5 SÉLECTION DES EVENEMENTS REDOUTES

3.5.1 Synthèse

Les risques et les conséquences associées sont répertoriés dans le tableau ci-après.

Synthèse des événements redoutés

N°	Installation	Événement redouté	Conséquences possibles	Gravité estimée	Sélection
1	Transformateur	Déversement	Pollution	Interne au site	Non retenu
2		Incendie	Destruction de l'équipement	Interne au site	Non retenu
3		Explosion	Destruction de l'équipement	Interne au site	Non retenu
4	Stockage emballages	Incendie	Destruction des palettes blessures sur une personne à proximité	Interne au site	Non retenu
5	**Stockage palettes**	**Incendie**	**Destruction des palettes blessures sur une personne à proximité**	**Nature et quantité des produits stockés**	**Retenu**
6	**Local de stockage des produits finis**	**Incendie**	**Destruction des biens du local, blessures sur une personne à proximité**	**Nature et quantité des produits stockés**	**Retenu**
7	Stockage de produits lessiviels	Déversement	Pollution du milieu	Interne au site	Non retenu
8		Mélange	Dégagement gazeux	Interne au site	Non retenu
9		Incendie	Destruction des biens du local, blessures sur une personne à proximité	Interne au site	Non retenu
10	Stockage de fuel domestique	Déversement de produits vers le milieu naturel	Pollution du milieu	Interne au site	Non retenu
11		Incendie	Destruction des biens du local blessures sur une personne à proximité	Interne au site	Non retenu
12		Explosion	Dégâts sur les équipements, blessure mineure sur une personne à proximité	Interne au site	Non retenu
13	Charge d'accumulateurs	Explosion	Destruction des postes de charge, blessures sur une personne à proximité, perturbation de la production	Interne au site	Non retenu
14		Incendie	Destruction des postes de charge, blessures sur une personne à proximité, perturbation de la production	Interne au site	Non retenu
15		Déversement	Dégradations des installations proches	Interne au site	Non retenu

N°	Installation	Événement redouté	Conséquences possibles	Gravité estimée	Sélection
16	Batterie lithium ion	Incendie	Dégradations des installations proches	Interne au site	Non retenu
17		Explosion	Dégradations des installations proches	Interne au site	Non retenu
18	**Installation ammoniac**	**Fuite gaz**	**Intoxication des personnes**	**Nature et quantité des produits stockés**	**Retenu**
19		Fuite liquide	Pollution du milieu	Interne au site	Non retenu
20		Incendie	Dégât sur les équipements et le local	Interne au site	Non retenu
21	**Stockage et équipements de produits organiques pulvérulents**	Déversement accidentel	Pollution du milieu	Interne au site	Non retenu
22		**Création d'une atmosphère explosible**	**Explosion en présence d'une source d'ignition**	**A estimer**	**Retenu**
23	Stockage de liquides alimentaires	Déversement	Pollution du milieu	Interne au site	Non retenu
24	Station de pré-traitement des eaux usées	Déversement	Pollution du milieu	Interne au site	Non retenu
25	Panneaux photovoltaïques	Incendie	Dégradations des installations proches	Interne au site	Non retenu

3.5.2 Événements sélectionnés

Les phénomènes dangereux retenus nécessitent une évaluation complémentaire des mesures mises en place afin d'affiner la cotation en termes de gravité.

Ces phénomènes concernent :

- Le risque d'incendie au niveau de l'auvent palettes : n°5 ;
- Le risque d'incendie au niveau des stockages de produits finis (chambre froide) : n°6 ;
- Le risque de fuite d'ammoniac : n°18 ;
    - Rupture guillotine de la tuyauterie HP vapeur en amont du condenseur
    - Rupture guillotine de la tuyauterie HP vapeur en aval du condenseur
    - Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en aval des pompes ammoniac
    - Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en amont des pompes ammoniac
    - Rupture guillotine d'un tube interne au condenseur
    - Effet domino : incendie en SDM
    - Ouverture des soupapes de sécurité avec échappement via le collecteur en extérieur
- Le risque d'explosion des silos de farine : n°22.

4 ANALYSE DÉTAILLÉE DES RISQUES

4.1 OBJECTIFS

L'analyse détaillée des risques vise à quantifier la ***probabilité d'occurrence*** et la ***gravité des conséquences*** d'un événement identifié lors de l'étude préliminaire, afin d'évaluer le niveau de risque associé et l'adéquation des mesures de prévention et de protection.

La réalisation de cette analyse détaillée n'est engagée que pour les événements redoutés pour lesquels l'étape n°2 d'évaluation préliminaire laisse pressentir des conséquences à l'extérieur des limites de propriétés.

Cette phase est itérative : l'incidence des nouvelles mesures de prévention et de protection proposées sur la probabilité d'occurrence et la gravité des conséquences est réévaluée jusqu'à l'obtention d'un risque potentiel acceptable (phase 3C).

4.2 ÉVÉNEMENTS REDOUTES SÉLECTIONNES

Ces phénomènes concernent :

- le risque d'incendie au niveau des stockages emballage/MP, des stockages des produits finis,
- le risque de fuite d'ammoniac suite à une perte de confinement des installations ;
- le risque d'explosion des silos de farine et de sucre

4.3 PROBABILITÉ D'OCCURENCE

4.3.1 Méthodologie

L'évaluation de la probabilité d'occurrence a pour but d'identifier successivement et pour chaque événement redouté préalablement sélectionné :

- les causes pouvant conduire à l'occurrence de ces événements redoutés (« Événement initiateur »),
- les mesures de prévention prévues pour pallier à l'apparition des causes identifiées (aussi appelées « barrières de sécurité de prévention »),
- les phénomènes dangereux provoqués par la réalisation des événements redoutés (premiers ou secondaires), et leurs effets prévisibles,
- les mesures de limitation des conséquences prévues (aussi appelées « barrières de sécurité de protection »),
- la probabilité d'occurrence d'apparition d'effets liés aux phénomènes dangereux identifiés (cotation semi-quantitative).

Cette évaluation est structurée selon la méthode des nœuds papillon, et ce dans le but d'avoir une meilleure lisibilité.

Le nœud papillon est un outil qui combine à la fois un arbre des causes et un arbre des conséquences. Le point central du nœud papillon est l'événement redouté. La partie gauche du nœud papillon représente un arbre des causes, la partie droite l'arbre des conséquences. Sur les diagrammes présentés ci-après, les barrières sont présentées sous la forme de rectangles de couleur.

4.3.2 Détermination des causes

Les causes sont les facteurs susceptibles de provoquer seuls ou en combinaison avec d'autres, l'événement redouté. S'il y a combinaison, on le précise dans le diagramme par des opérateurs « OU » ou « ET ».

4.3.3 Détermination des conséquences

Les conséquences sont les effets physiques de l'événement redoutés sur des cibles potentielles, non atténués par d'éventuelles mesures de protection (émissions de produit toxique, flux thermiques, surpressions, etc.). Ces conséquences ont généralement des impacts sur l'environnement humain, matériel ou environnemental de l'événement redouté.
Les conséquences des événements redoutés sont généralement des flux thermiques, des dispersions ou des épandages de produits pouvant être inflammables, toxiques, corrosifs, etc.

4.3.4 Détermination des mesures de prévention

Les mesures de prévention sont les mesures permettant d'éviter l'apparition des causes de l'événement redouté. Ces moyens sont de plusieurs types :

- procédures d'exploitation et consignes de sécurité,
- boucles de régulation (automatismes de régulation de certains paramètres comme la pression, le niveau, le débit, etc. Il s'agit en fait d'un ensemble de capteurs et de systèmes de contrôle commande),
- boucles de sécurité (automatisme générant des alarmes et/ou actions de mise en sécurité en cas de dépassement de certains paramètres),
- inspection et maintenance préventive des équipements,
- formations des opérateurs,
- délivrance de permis de travail ou de permis feu,
- etc.

4.3.5 Détermination des mesures de limitation des conséquences

Les moyens de limitation des conséquences sont les moyens mis en œuvre pour d'une part détecter l'occurrence de l'événement redouté ou de ces conséquences, et d'autre part protéger l'environnement humain, matériel et environnemental des installations concernées.

Mesures de détection
Il s'agit des mesures permettant de détecter l'apparition de l'événement redouté, de ses causes ou des phénomènes dangereux associés aux conséquences. Cette détection peut se faire grâce à :

- de l'instrumentation et des automatismes associés,
- des détecteurs permettant de mettre en évidence la présence, en "extérieur" de produits dangereux,
- des rondes d'opérateurs,
- etc.

Mesures de protection
Il s'agit des mesures permettant de limiter la portée des conséquences de l'événement redouté. Ces mesures sont généralement :

- des installations physiques passives (rétention, murs coupe-feu, etc.),
- des moyens d'intervention contre les incendies, les dispersions de produits toxiques, etc. (matériel, procédures, etc.),
- etc.

Pour exemple, l'une des mesures de protection consiste en la stratégie d'extinction mise en place sur le site (intervention du personnel en début de sinistre). Pour BRIDOR, cette stratégie englobe :

- La réalisation d'un Plan de Défense Incendie (une fois le démarrage de l'activité du site),
- La formation du personnel à la lutte incendie et au maniement des équipements de lutte incendie (équipier de première et deuxième intervention),
- La réalisation d'exercices d'évacuation réguliers,
- Le sprinklage pour tous les stockages et locaux de production à température positive.

4.3.6 Cotation de la probabilité d'occurrence de l'événement redouté et de l'apparition des effets liés aux phénomènes dangereux associés

La probabilité d'occurrence est évaluée de manière **semi-quantitative** en tenant compte des mesures de prévention et de protection existantes.

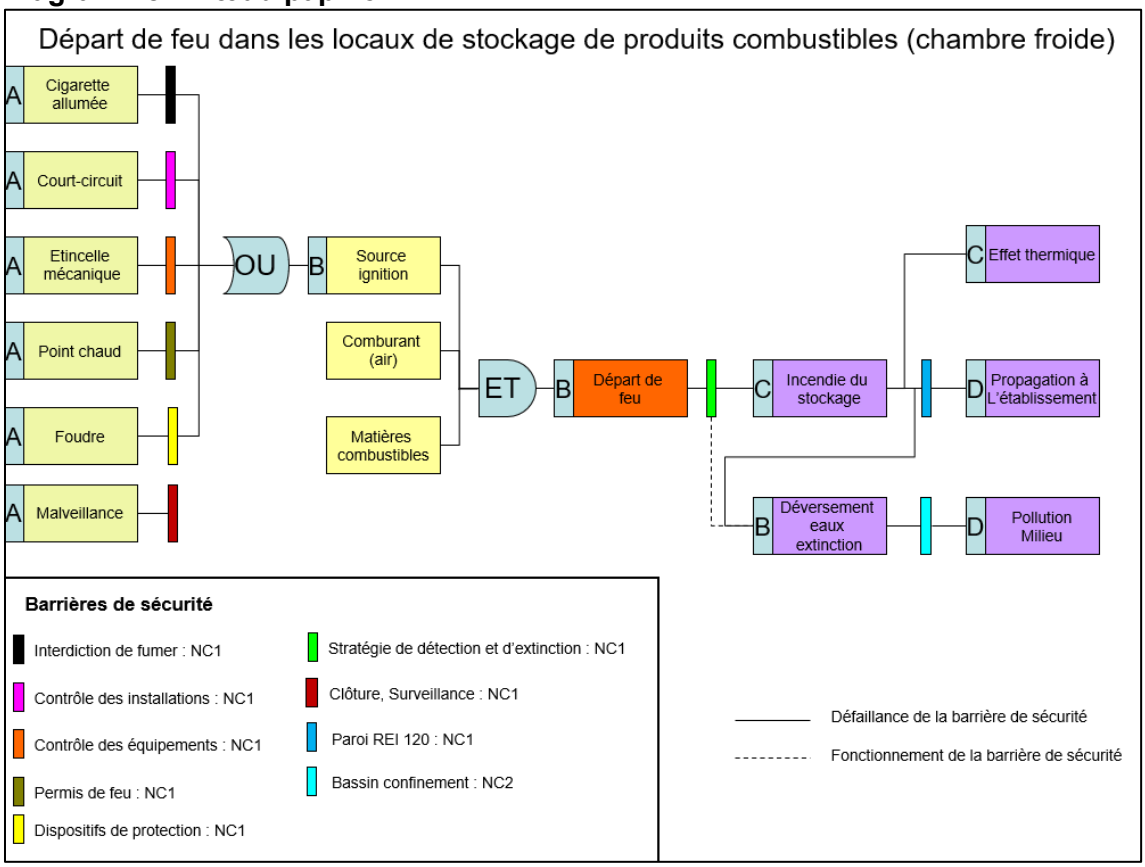
L'indice de probabilité P est donc estimé, soit, si ces données sont disponibles, à partir de l'accidentologie du site étudié et des autres sites industriels d'activités similaires, soit à partir du retour d'expérience, soit à partir des probabilités de défaillance des mesures de prévention et de protection. Cette cotation n'est donc pas quantitative dans le sens où elle n'est pas fondée sur une valeur exacte de probabilité, mais sur un ordre de grandeur de cette probabilité. Cet ordre de grandeur correspondant à celui du tableau ci-après.

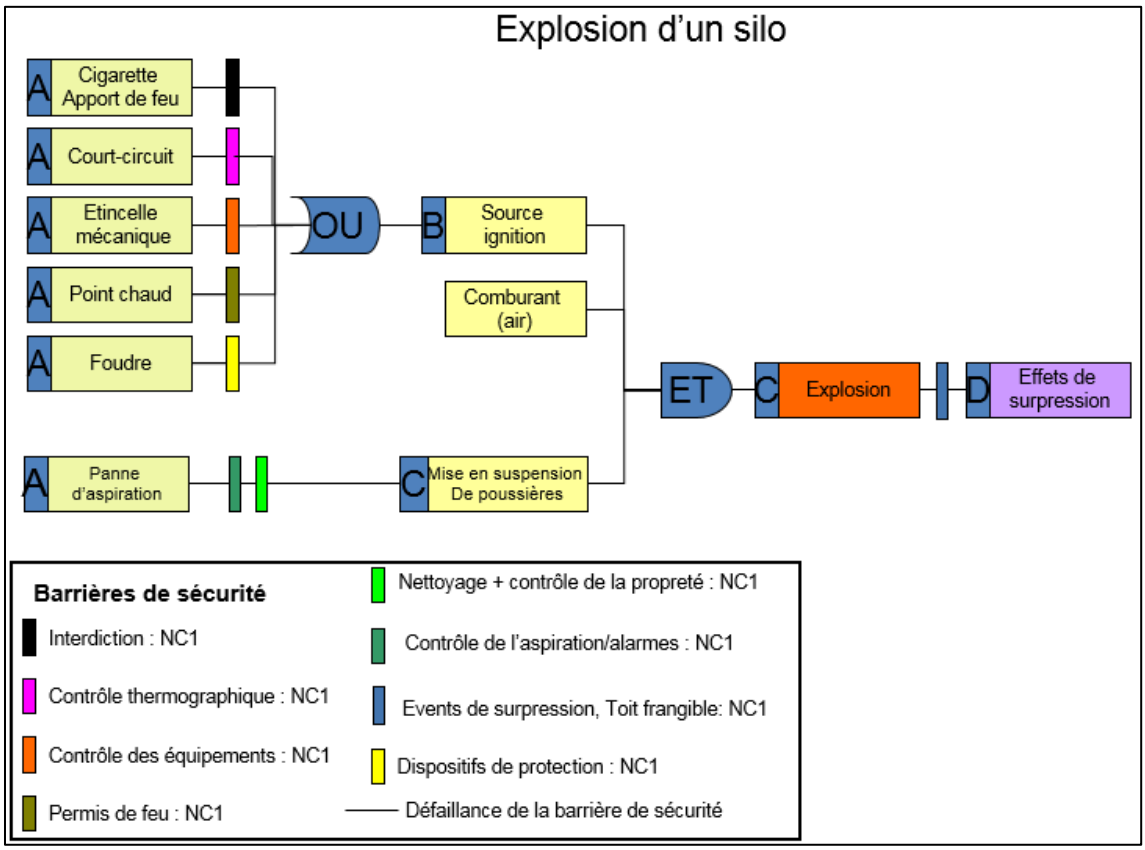
Échelle de probabilité utilisée pour la cotation

Niveau de probabilité	Qualitative : détail de la probabilité		Quantitative (par unité et par an)
A	Courant	Se produit de façon récurrente sur des installations comparables	10^{-2}
B	Probable	S'est déjà produit quelques fois sur des installations comparables	10^{-3}
C	Improbable	A été rapporté une fois sur des installations comparables	10^{-4}
D	Très improbable	A pu être observé une fois sur des installations comparables	10^{-5}
E	Extrêmement peu probable	N'a jamais été observé ni rapporté nulle part	

Ainsi, à chaque événement redouté et à chaque effet d'un phénomène dangereux associé à l'événement redouté, un niveau de probabilité, compris entre A et E sera associé. Ce niveau de probabilité, croisé avec le niveau de gravité permettra ultérieurement de déterminer le risque lié à l'événement redouté.

Diagramme « nœud papillon »





L'analyse détaillée des risques (ADR) pour les scénarios relatifs aux installations ammoniac est présentée dans l'étude des dangers ammoniac en annexe 2.

La classe de probabilité retenue pour les scénarios étudiés est présentée dans le tableau suivant.

Classe de probabilité retenue par scénario dans l'étude des dangers ammoniac

N°18	Désignations	Cotation de probabilité
18-10	Rupture guillotine de la tuyauterie HP vapeur en amont du condenseur	D
18-11	Rupture guillotine de la tuyauterie HP vapeur en aval du condenseur	D
18-12	Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en aval des pompes ammoniac	D
18-13	Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en amont des pompes ammoniac	D
18-14	Rupture guillotine d'un tube interne au condenseur	D
18-15	Effet domino : incendie en SDM Ouverture des soupapes de sécurité avec échappement via le collecteur en extérieur	D

4.3.7 Discussion sur les probabilités d'occurrence et les niveaux de confiance des barrières de sécurité

La difficulté de ce type d'analyse réside dans la cotation initiale de la probabilité d'occurrence des causes et du niveau de confiance des barrières de sécurité.

Puisqu'il n'existe pas de données probabilistes sur les événements initiateurs, nous avons considéré, en hypothèse majorante, que chaque cause (événement initiateur) possédait une probabilité d'occurrence A (événement courant).

Par ailleurs, nous avons considéré que chaque barrière de sécurité possédait un niveau de confiance égal à 1 (alors que la cotation des niveaux va de 1 à 4), à l'exception de la rétention, pour laquelle l'INERIS précise un niveau de confiance égal à 2.

Les cotations de probabilités pour le projet BRIDOR s'appuie sur une analyse qualitative des causes, événements initiateurs et barrières de sécurité. Selon les référentiels INERIS la prise en compte des barrières de sécurité techniques ou humaines peuvent conduire à des niveaux de confiance de 3 (techniques) ou 2 (humaines) selon la fiabilité, la disponibilité etc. de la barrière.
Dans le cadre de l'étude, un niveau maximal de confiance de 1 a été retenu dès lors que cette dernière assure son rôle.
Pour les installations ammoniac, les considérations suivantes ont été prises en compte :

- Installations répandues dans le domaine industriel,
- Conception des installations réalisée par des bureaux d'étude et installateurs reconnus,
- Tests réguliers des chaînes et dispositifs de sécurité,
- Intervention régulière de société spécialisée de contrôle des installations et maintenance interne établie selon les préconisations des installateurs,

- Procédure écrite et exercice régulier simulant des défaillances pour vérifier l'efficacité des procédures et habituer les opérateurs à même d'intervenir,
- Automatisation et lecture facile des écarts,
- Inscription des résultats, des tests et plans d'actions immédiat en cas de nécessité,
- Personnel formé de l'établissement et nommément désigné à la conduite et à la surveillance des installations,
- Expérience dans le domaine de la conduite de ces installations,
- Dispositif d'alarme et d'avertissement spécifique à l'installation ammoniac facilement reconnaissable,

La cotation en NC1 apparaît donc conservative.

Pour la partie ammoniac, les évaluations d'éléments de mesure de maîtrise des risques sont présentées en annexe 7 de l'étude de danger ammoniac (annexe 2 du de la présente pièce).

4.3.8 Synthèse des cotations en termes de probabilités

La synthèse des probabilités d'occurrence des effets des phénomènes dangereux est présentée dans le tableau ci-après.

Tableau 4-1 : Synthèse des probabilités des conséquences redoutées + perte 100% NH3 par incendie

Synthèse	Effet de surpression	Effet thermique	Effet toxique
Incendie de l'auvent palettes		C	
Incendie de stockages des produits finis (chambre froide)		C	
Rupture guillotine de la tuyauterie HP vapeur en amont du condenseur			D
Rupture guillotine de la tuyauterie HP vapeur en aval du condenseur			D
Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en aval des pompes ammoniac			D
Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en amont des pompes ammoniac			D
Rupture guillotine d'un tube interne au condenseur			D
Explosion d'un silo	C		

Légende : C : improbable ; D : très improbable

Concernant le risque de pollution du milieu, celui-ci est très improbable du fait de la présence du bassin de confinement.

4.4 ÉVALUATION DE LA GRAVITE DES CONSEQUENCES

Cette étape consiste à évaluer la gravité des conséquences liées aux effets identifiées dans l'étape précédente.

4.4.1 Appréciation de la gravité des conséquences

La gravité des conséquences potentielles d'un phénomène dangereux sur les intérêts visés à l'article L.511-1 du code de l'environnement[2] est conditionnée par :

- l'intensité des effets du phénomène dangereux,
- la vulnérabilité des cibles,
- la cinétique d'apparition et d'évolution du phénomène dangereux.

Intensité des effets du phénomène dangereux

Une fois quantifiés, les effets d'un phénomène dangereux sont à comparer aux valeurs de référence exprimées par l'arrêté du 29/09/05 sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques ...

Vulnérabilité des cibles

La détermination de l'intensité des effets du phénomène dangereux permettra de déterminer les cibles (biens, environnement, personnes) extérieures au site potentiellement atteintes par les effets du phénomène dangereux. La vulnérabilité des cibles recensées sera régulée le cas échéant au vu de la cinétique du phénomène dangereux (ex : un incendie présentant une cinétique de développement lente permettra avec des moyens organisationnels adaptés et fiables une mise à l'abri de cibles concernées pour l'intensité maximale du phénomène (évacuation d'un bâtiment)).

Cinétique du phénomène dangereux

Concernant la cinétique des scénarios, l'article 8 de l'arrêté du 29/09/2005 distingue 2 niveaux :

- lente, lorsque le développement du scénario permet aux personnes extérieures au site de se protéger ;
- rapide, lorsque le développement du scénario ne permet pas aux personnes extérieures au site de se protéger.

Gravité des conséquences

La gravité des conséquences potentielles prévisibles d'un accident sur l'environnement et les populations résulte de la combinaison de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité de cet environnement et de ces personnes potentiellement exposées à ces effets, en tenant compte des mesures en place pour limiter la cinétique du phénomène et les protéger.

Concernant la gravité des conséquences pour les personnes physiques à l'extérieur des installations, l'arrêté du 29 septembre 2005 définit l'échelle d'appréciation suivante, en fonction de l'intensité des effets.

---

[2] La commodité du voisinage, la santé, la sécurité et la salubrité publiques, l'agriculture, la protection de la nature et de l'environnement, la conservation des sites et des monuments, ainsi que les éléments du patrimoine archéologique ».

Tableau 4-2 : Échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident

Niveau de gravité des conséquences		Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine
Modéré	1	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles, inférieure à une personne
Sérieux	2	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
Important	3	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
Catastrophique	4	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
Désastreux	5	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées

Concernant la gravité des conséquences sur les biens et l'environnement, l'échelle d'appréciation présentée ci-après est retenue.

Tableau 4-3 : Échelle d'appréciation de la gravité des conséquences d'un phénomène dangereux sur l'environnement

Niveaux de gravité		Gravité à l'Environnement
Modérée	1	Dommages internes au site et coût négligeable
Sérieuse	2	Effets mineurs Dommages faibles sans effets durables
Importante	3	Effets importants Dommages importants induisant des effets réversibles sur l'environnement
Catastrophique	4	Effets très importants Dommages conséquents entraînant des travaux de dépollution
Désastreuse	5	Effets catastrophiques Dommages sévères et persistants

La pratique d'agrégation des conséquences utilisée ici est la « règle du maximum » : cette règle consiste à prendre la note la plus haute répertoriée sur l'une des échelles de gravité (conséquences humaines, conséquences sur l'environnement). Ainsi, l'effet d'un phénomène dangereux présentant un niveau de gravité modéré en termes de conséquences humaines et un niveau de gravité important sur l'environnement, est caractérisé par un niveau important.

4.4.2 Gravité des conséquences : effets thermiques

4.4.2.1 Méthodologie

L'évaluation des distances des flux thermiques significatifs a été réalisée à l'aide du logiciel Flumilog :

Nous présentons ci-dessous les principales caractéristiques de la méthode FLUMILOG. Pour plus précisions, nous renvoyons le lecteur au rapport « DRA-09-90977-14553A – Flumilog – Description de la méthode de calcul des effets thermiques produits par un entrepôt Partie A – INERIS, CTICM, CNPP, IRSN, EFECTIS »

Généralités

Le développement du modèle Flumilog a été assuré par l'INERIS, le CTICM et le CNPP, auxquels sont venus s'associer l'IRSN et Efectis France.

L'outil a été construit sur la base d'une confrontation des différentes méthodes utilisées par ces centres techniques, complétée par des essais à moyenne échelle et d'un essai à grande échelle.

L'utilisation de ce logiciel FLUMILOG est explicitement mentionnée dans les arrêtés ministériels publiés en 2010 et 2017 et applicables aux installations soumises au régime d'enregistrement sous les rubriques suivantes de la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement :

- 1510 : entrepôts de stockage de matières et produits combustibles en quantité supérieure à 500 tonnes,
- 1511 : entrepôts frigorifiques,
- 1530 : dépôts de bois, papiers, cartons et matériaux combustibles analogues,
- 2662 : stockage de polymères (plastiques, caoutchoucs, …),
- 2663 : stockage de pneumatiques et de produits dont 50 % de la masse est composée de polymères.

Les cellules de stockage du projet seront soumises au régime de l'enregistrement sous la rubrique n°1511, l'application de ce logiciel est donc justifiée. Ce logiciel est également adapté à la modélisation de l'incendie de l'auvent palettes (palette bois).

Domaine d'application

La méthode FLUMILOG concerne donc les entrepôts entrant dans les rubriques ICPE listées ci-dessus (1510, 1511, 1530, 2662, 2663) et plus globalement aux rubriques comportant des combustibles solides.

Cette méthode de calcul est applicable aux cas des entrepôts à simple rez-de-chaussée ou du dernier niveau d'entrepôts multi-étagés.
Les cellules du projet sont à simple rez-de-chaussée et destiné au stockage de produits combustibles. L'utilisation de ce logiciel est donc applicable.

Étapes de la méthode et hypothèses retenues

La méthode développée permet de modéliser l'évolution de l'incendie depuis l'inflammation jusqu'à son extinction par épuisement du combustible. Elle prend en compte le rôle joué par la structure et les parois tout au long de l'incendie :

- d'une part lorsqu'elles peuvent limiter la puissance de l'incendie en raison d'un apport d'air réduit au niveau du foyer,
- d'autre part lorsqu'elles jouent le rôle d'écran thermique plus ou moins important au rayonnement avec une hauteur qui peut varier au cours du temps.

Les flux thermiques sont donc calculés à chaque instant en fonction de la progression de l'incendie dans la cellule et de l'état de la couverture et des parois.

La méthode permet également de calculer les flux thermiques associés à l'incendie de plusieurs cellules dans le cas où le feu se propagerait au-delà de la cellule où l'incendie a débuté.

Les différentes étapes de la méthode sont présentées :

- Acquisition et initialisation des données d'entrée :
  - Données géométriques de la cellule, nature des produits entreposés, le mode de stockage
  - Détermination des données d'entrées pour le calcul : débit de pyrolyse en fonction du temps, comportement au feu des toitures et parois…
- Détermination des caractéristiques des flammes en fonction du temps (hauteur moyenne (formule de Zukoski) et émittance (corrélation de thomas). Ces valeurs sont déterminées à partir de la propagation de la combustion dans la cellule, de l'ouverture de la toiture.
- Calcul des distances d'effet en fonction du temps. Ce calcul est réalisé sur la base des caractéristiques des flammes déterminées précédemment et de celles des parois résiduelles susceptibles de jouer le rôle d'obstacle au rayonnement.

Caractéristiques des matériaux

La version actuelle du logiciel FLUMILOG intègre des matériaux courants constitutifs des palettes susceptibles d'être stockées dans les installations de type entrepôt :

- Matériaux combustibles : bois, carton, caoutchouc, polymères (PE, PVC, PS, PUR), coton, synthétiques,
- Matériaux incombustibles : verre, acier, eau.

Les caractéristiques des matériaux combustibles intégrés au modèle sont données dans le tableau suivant.

Tableau 4-4 : Caractéristiques des matériaux combustibles intégrés au modèle FLUMILOG

	PCI (MJ/kg)	Vitesse (kg/m²/s)
Bois compact	18	0,017
Palette bois	18	0,080
PE	40	0,015
Carton	18	0,017
PVC	18	0,015
PS	40	0,015
PUR	26	0,021
Caoutchouc	30	0,007
Pneu	30	0,035
Coton	20	0,0155
Synthétique	38	0,0135

En complément, des palettes types sont définies pour chaque rubrique ICPE précitée (dont la 1511) : pour chacune des rubriques, 10 000 compositions ont été testées afin de rechercher la courbe enveloppe de puissance. Les détails de ces calculs seront disponibles dans la partie B de la documentation associée au modèle.

Dans le cadre de nos modélisations, nous avons utilisé :

- Pour l'incendie du auvent palette, la palette type « palette bois »,
- Pour l'incendie du stockage des produits finis (chambre froide), la palette type 1511

Objectifs

L'évaluation des risques relatifs à l'incendie des stockages a pour objectif de déterminer les distances d'effets correspondant aux flux thermiques produits par cet incendie. Les valeurs seuils prises en compte sont celles fixées par l'arrêté du 29 septembre 2005 applicables aux installations classées.

Ces valeurs sont pour les effets sur l'homme :

- 3 kW/m^2, seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine (ZEI),
- 5 kW/m^2, seuil des effets létaux délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine (ZEL),
- 8 kW/m^2, seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone des dangers très graves pour la vie humaine (ZELS).

Et pour les effets sur les structures :

- 5 kW/m^2, seuil des destructions de vitres significatives,
- 8 kW/m^2, seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures.

L'évaluation de ces risques a été réalisée pour tous les stockages significatifs de matières combustibles.

Nous présentons ci-dessous la synthèse des scénarios étudiés.

Tableau 4-5 : Scénarios retenus Flumilog

Scénario	Palette sélectionnée
Stockage produits finis (chambre froide)	Palette 1511
Auvent palettes	Palette Bois

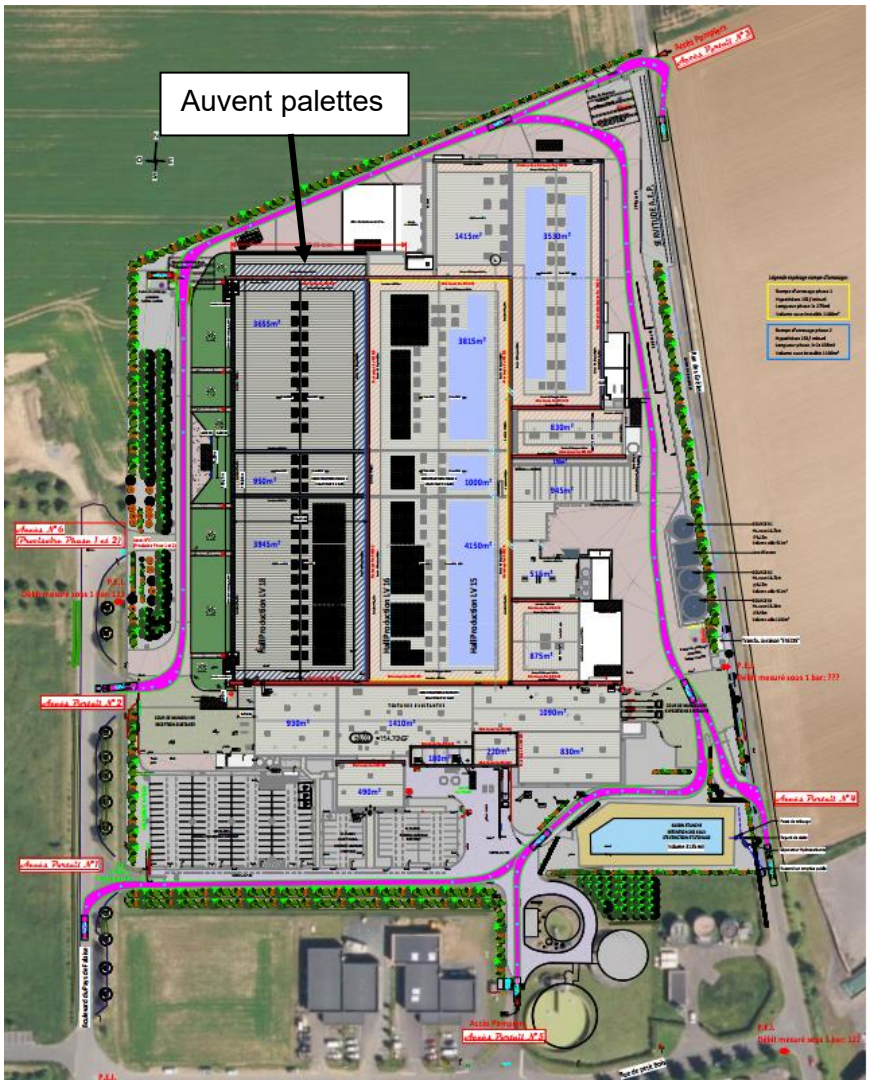
4.4.2.2 Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul (dimensions des locaux, nature des matériaux, organisation des stockages, caractéristiques des produits…) sont présentées dans les rapports fournis en annexe 4. Nous y renvoyons le lecteur.

- Auvent palettes

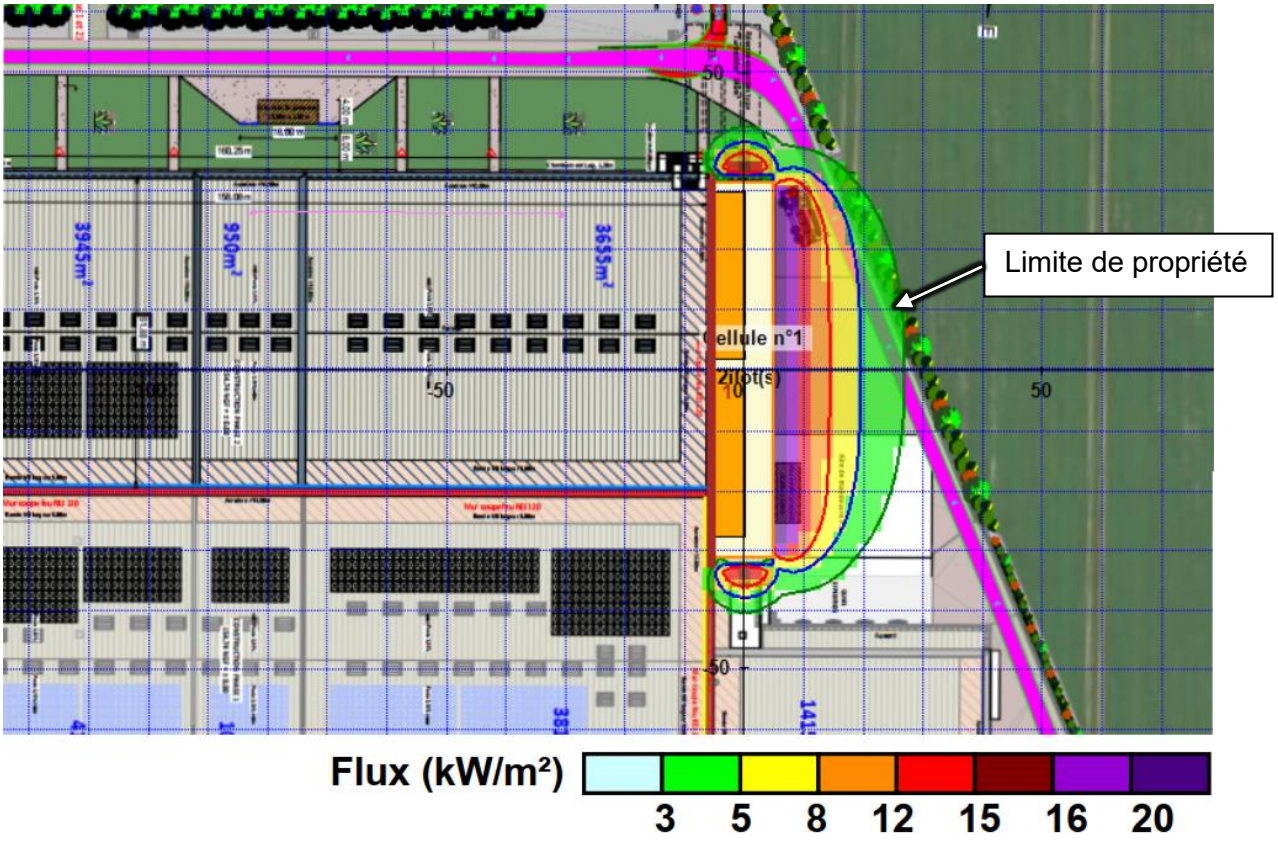
L'auvent permet de stocker les palettes.

Localisation de l'auvent palettes



La durée d'incendie dans l'auvent palette est de 68 minutes. La paroi accolée au bâtiment de production est un mur coupe-feu ayant une résistance au feu de 120 min.

Figure 4-1 : Enveloppe des résultats de l'étude des flux thermiques à hauteur d'homme pour l'incendie de l'auvent palette (Source : Flumilog)



La modélisation de l'incendie démontre l'absence d'effet (> 3 kW/m^2) en limite de propriété (correspondant aux arbres). Aucun effet domino (> 8 kW/m^2) n'est à prévoir. Les bureaux de l'expédition sont situés dans une enveloppe CF 2 heures (4 faces).

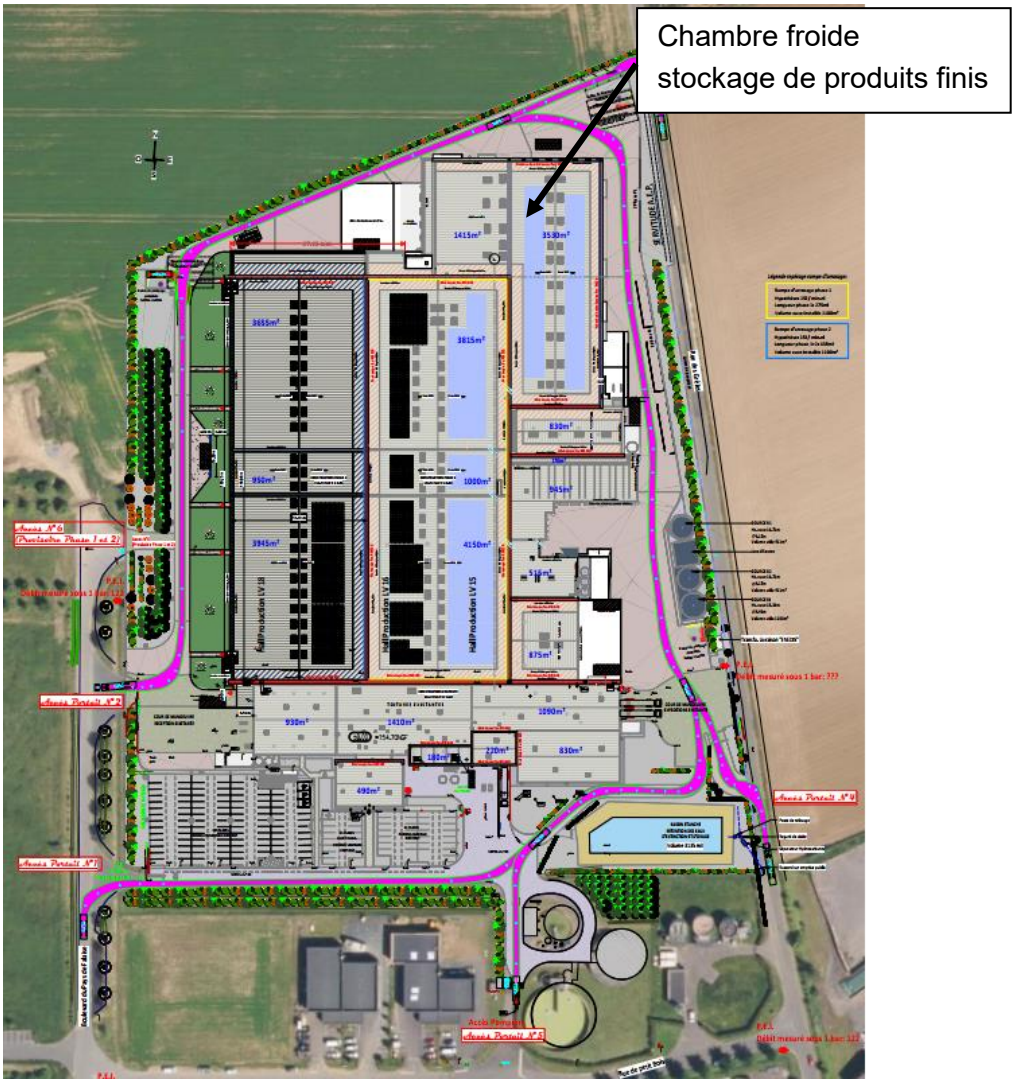
- <u>Stockage produits finis</u>

La durée de l'incendie est de 110 min. la chambre froide est équipée de mur coupe-feu 2h. Les flux pouvant être observés à l'extérieur du bâtiment correspondent donc aux flammes dépassant le mur coupe-feu.

Afin de n'étudier que ces flux dépassant du mur coupe-feu, ces derniers ont été modélisés par des merlons en périphérie.

Deux modélisations ont été étudiées en fonction du décaissement des différentes façades : est et nord.

Figure 4-2 : Localisation du stockage des produits finis



Deux simulations ont été effectuées avec deux hauteurs de cibles, pour tenir compte du décaissement différent selon les façades :

- <u>Pour la façade Est côté route :</u>

Le décaissement du bâtiment retenu est de - 2 m correspondant au milieu de la longueur de la chambre froide, pour lequel les distances de flux thermiques sont maximales. On en déduit une hauteur de cible de 2 m+ 1,8 m = 3,8 m.

La hauteur de mur coupe-feu est de 16,85 m.

- <u>Pour la façade Nord :</u>

Le décaissement du bâtiment retenu est de – 2,6 m sur la partie exposée aux flux thermiques sortant de la chambre froide. On en déduit une hauteur de cible de 2,6 m+ 1,8 m = 4,4 m. La hauteur de mur coupe-feu de cette partie est de 10,64 m.

Figure 4-3 : Enveloppe des résultats de l'étude des flux thermiques pour l'incendie du stockage des produits finis – façade Est

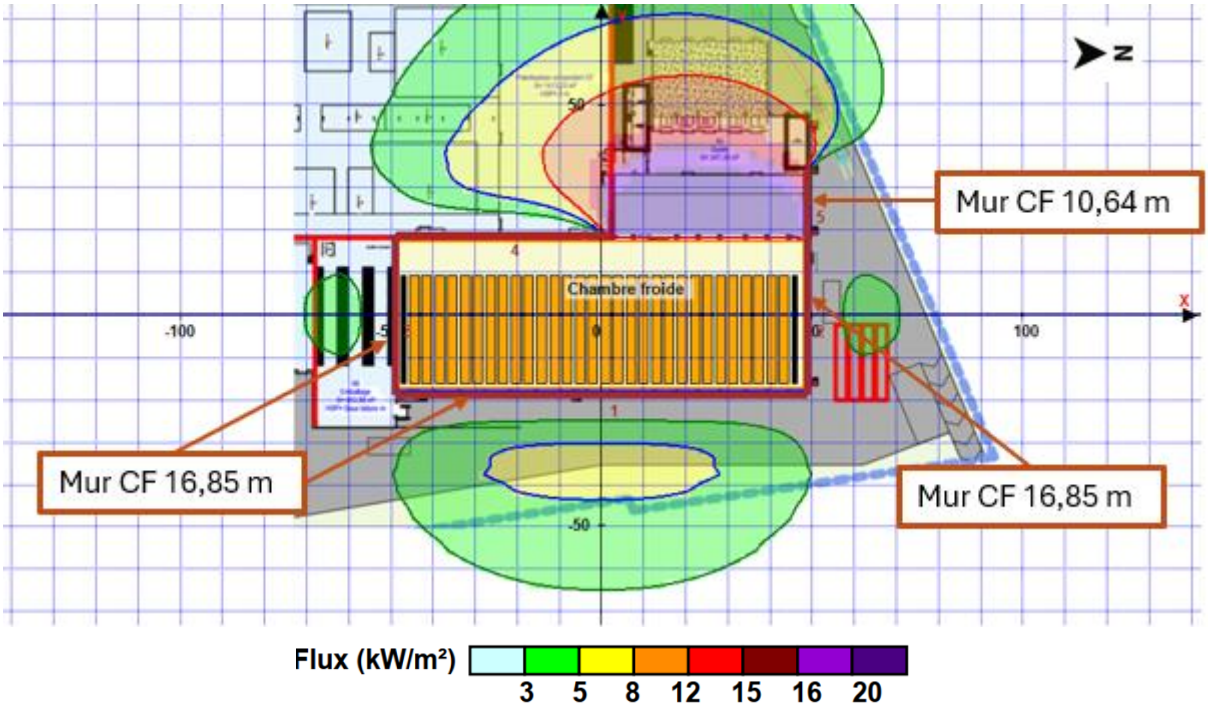
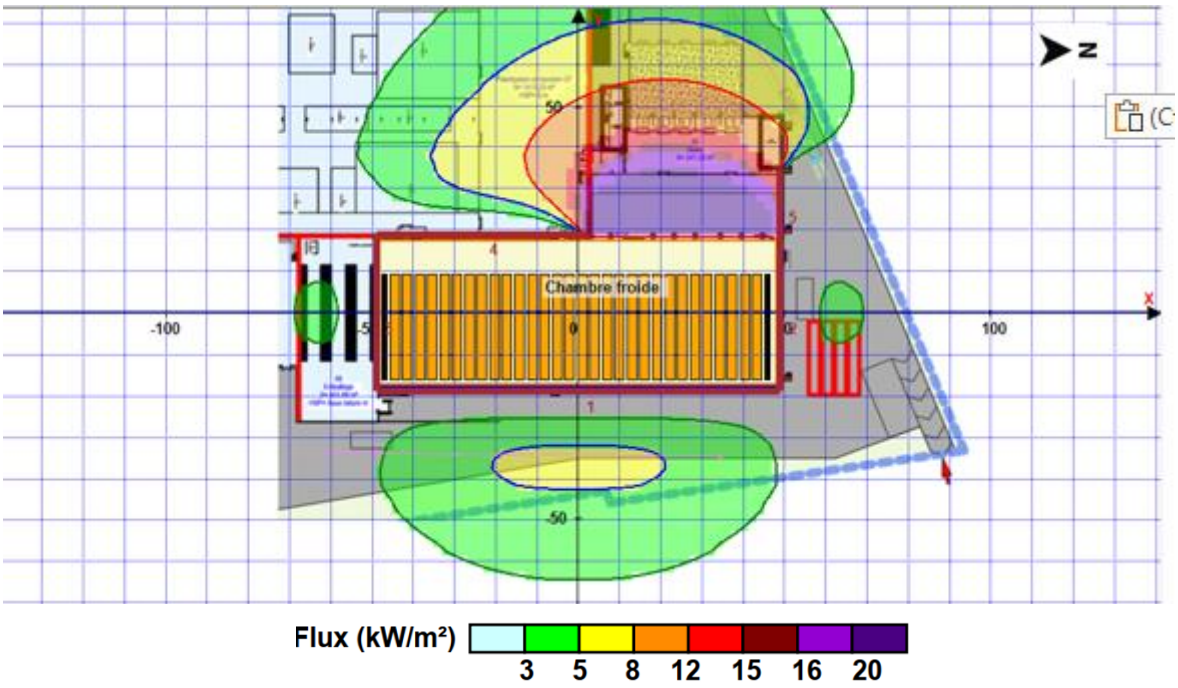


Figure 4-4 : Enveloppe des résultats de l'étude des flux thermiques pour l'incendie du stockage des produits finis – façade Nord



Les modélisations de l'incendie démontrent l'absence d'effet (> 3 kW/m^2) en limite de propriété (symbolisées en pointillés bleus). Aucun effet domino (> 8 kW/m^2) n'est à prévoir.

- **Synthèse des résultats**

Les modélisations FLUMILOG, indiquent que l'ensemble des flux thermiques liés aux différents scénarios d'incendie pour le site de BRIDOR sont confinés au sein des limites de propriété.

La gravité est classée en 1 : Pas de zone d'effets thermiques en dehors de l'établissement.

4.4.3 Gravité des conséquences : effets toxiques en cas de fuite ammoniac

L'étude des dangers concernant le risque ammoniac a été menée par Atlantic Refrigeration Consulting. Nous y renvoyons le lecteur.

4.4.3.1 Principes communs aux salles des machines

La conception des salles des machines repose sur les principes communs suivants :

- Limitation des quantités d'ammoniac par le recours aux techniques de réfrigération les plus modernes,
- Limitation des risques par un confinement de la totalité des installations contenant ou véhiculant de l'ammoniac y compris les canalisations de transfert vers les condenseurs,
- Conformité des salles des machines à la réglementation en vigueur (arrêté du 16 juillet 1997 relatifs aux installations fonctionnant à l'ammoniac soumises à autorisation et conformes aux normes NF EN 378).

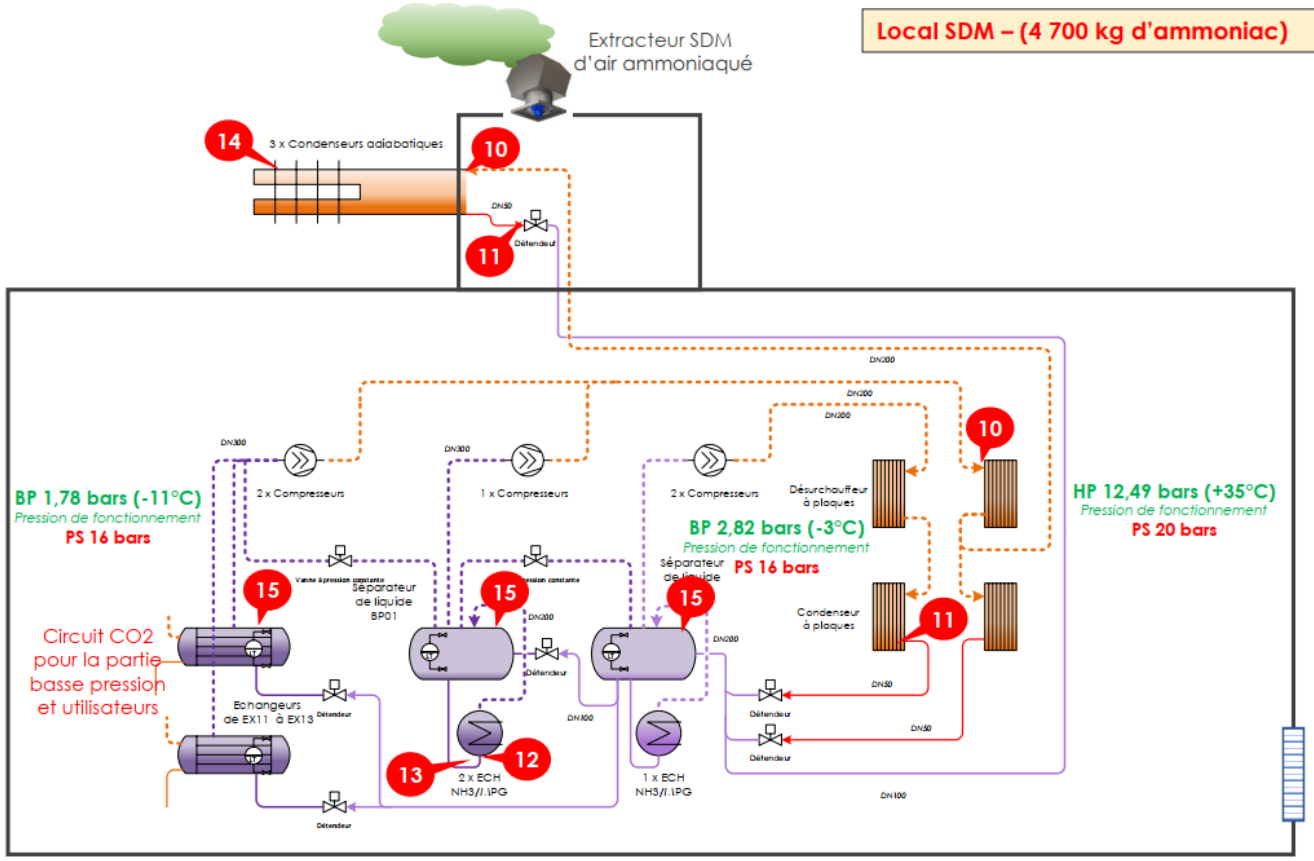
L'ammoniac étant présent uniquement au sein des salles des machines, la distribution de froid est effectuée par un fluide frigoporteur de type eau glycolée ou CO2.

La société BRIDOR a mis en place différentes procédures concernant la conduite de ses installations de réfrigération et notamment les procédures relatives aux phases d'arrêt/redémarrage des installations. Seul le personnel formé à la conduite de ces installations et au risque ammoniac (connaissance de l'ammoniac, utilisation des équipements de protection (ARI, …)) est habilité à intervenir sur ces installations. Des sociétés spécialisées (MATAL…) secondent ou se substituent au personnel de BRIDOR pour intervenir sur ces installations sous le contrôle de BRIDOR.

Pour rappel, la capacité totale en ammoniac sera de 4 700 kg.

Le schéma de principe de l'installation est présenté ci-après et en annexe 11 de l'ED ammoniac (annexe 2 de la présente pièce).

Schéma de principe local ammoniac :



Classement en fonction du référentiel guide retour d'expérience SEI/BARPI 039 de février 1995 :

- **A3** : Climatisation zone de production agroalimentaire, utilisation de saumure
- **T3** : Haute température (> -20 à +5°C)
- **D2** : Distribution par gravité (thermosiphon)
- **C1** : Condenseur à air

Scénarii retenus :

- **Scénarii 10 (Gaz HP)**
- **Scénarii 11 (Liquide HP)**
- **Scénarii 12 (Liquide BP en fonctionnement)**
- **Scénarii 13 (Liquide BP à l'arrêt, avec remontée en pression)**
- **Scénario 14 (Liquide HP tube interne condenseur)**
- **Scénario 15 (Soupapes de sécurité)**

DEL (Z1) (au sol) = NA

DEI (Z2) (au sol) = NA

NA = La valeur «NA» (Non atteint), en distance horizontale signifie que les doses des Effets Létaux (SEL) ou des Effets Irréversibles (SEI) ne sont pas perçues au sol.

- NH3 Vapeur HP (Haute pression)
- NH3 Liquide HP (Haute pression)
- NH3 Vapeur MP20 (Moyenne pression)
- NH3 Liquide MP20 (Moyenne pression)
- NH3 Vapeur MP10 (Moyenne pression)
- NH3 Liquide MP10 (Moyenne pression)

Les événements redoutés centraux sont les suivants :

N°	Désignations	Cotation de probabilité
18-10	Rupture guillotine de la tuyauterie HP vapeur en amont du condenseur	D
18-11	Rupture guillotine de la tuyauterie HP vapeur en aval du condenseur	D
18-12	Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en aval des pompes ammoniac	D
18-13	Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en amont des pompes ammoniac	D
18-14	Rupture guillotine d'un tube interne au condenseur	D
18-15	Effet domino : incendie en SDM Ouverture des soupapes de sécurité avec échappement via le collecteur en extérieur	D

Les événements dangereux retenus sont :
- La dispersion toxique ;
- L'explosion en cas de rejet en zone confinée (SDM).

Les scénarios modélisés sont les scénarios majorants soit :
- N°11 : Rupture d'un tube à la sortie du condenseur dans l'édicule : perte de liquide HP à l'intérieur ;
- N°13 : rupture d'une canalisation en dessous de la bouteille BP – installation à l'arrêt : perte de liquide BP à l'intérieur ;
- N°14 : rupture d'un tube à l'intérieur du condenseur en extérieur : perte de liquide HP à l'extérieur ;
- N°15 : effet domino suite à un incendie en salle des machines : relâchement des soupapes vapeur HP.

4.4.3.2 Modélisation des effets toxiques en cas de fuite d'ammoniac

- Définition des zones de dispersion

Les caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques de l'ammoniac amènent à classer ce fluide parmi les fluides potentiellement dangereux pour l'environnement. Les périmètres concernés par ces dangers potentiels dépendent du type d'incident ou d'accident envisagé.

Nous présentons ci-après les résultats des études de dispersion pour la salle des machines.

Présentation des résultats pour le scénario 18-11

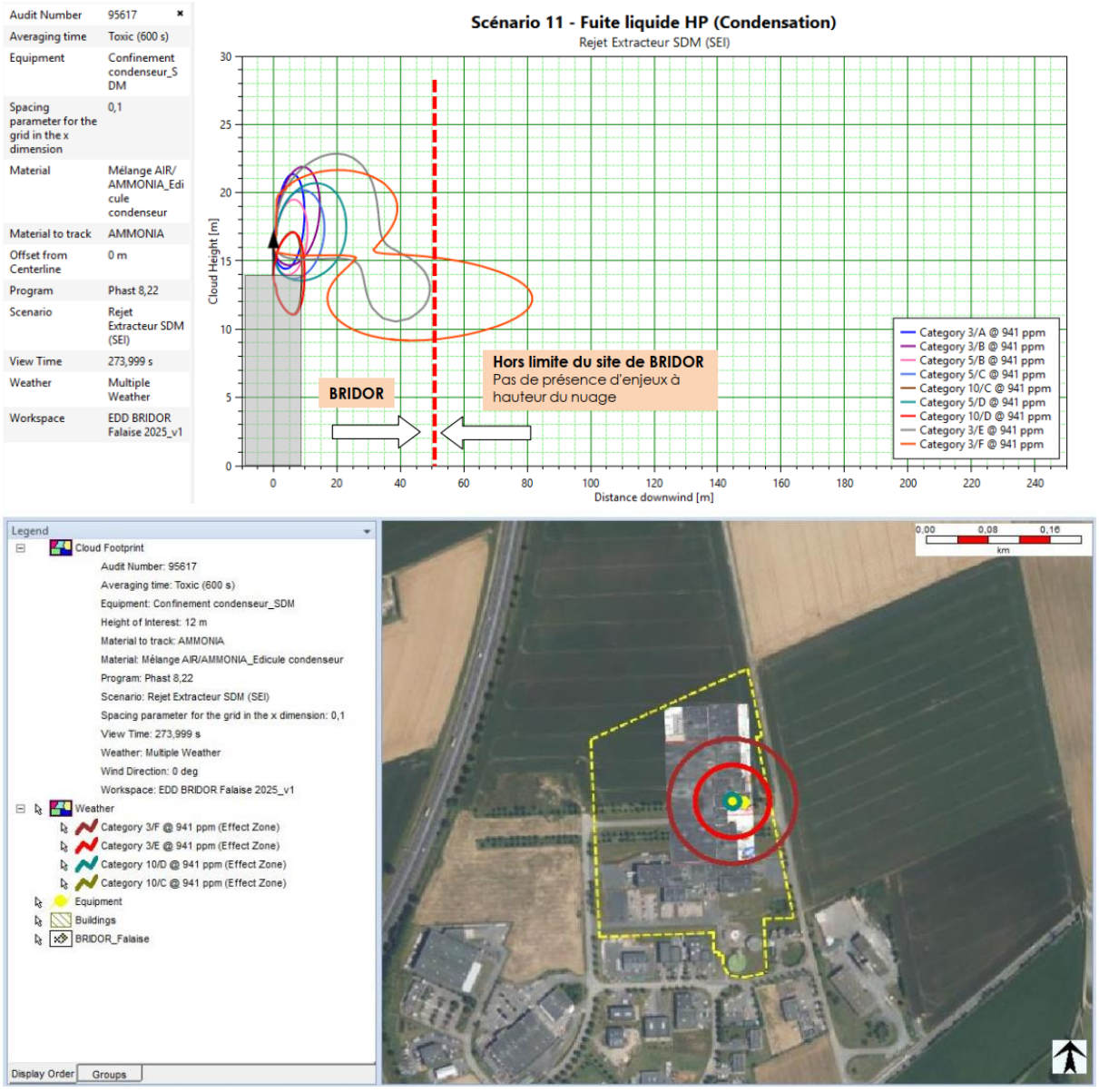
Les résultats sont obtenus grâce au logiciel de modélisation Phast (8.22).

Les graphiques ci-après illustrent la forme du panache (concentration des effets irréversibles selon la classe de Pasquill considérée).

La concentration cible pour chaque scénario est basée sur les seuils d'effets de l'ammoniac indiqués dans le document de l'INERIS-DRC-03-47021-ETSC-Sti d'août 2003 en fonction du temps d'exposition.

L'installation est supposée en fonctionnement. Le débit considéré correspond au débit masse HP pour une perte de confinement d'un condenseur et les tuyauteries associées. Le condenseur est considéré à +50°C sous 20 bars absolus (Etat à saturation). Il est fait l'hypothèse d'une rupture d'une tuyauterie en phase liquide, un phénomène de détente est pris en compte dans le calcul de dispersion. L'ammoniac se répand alors dans la rétention sous le condenseur.

Figure 4-5 : Scénario 18-11



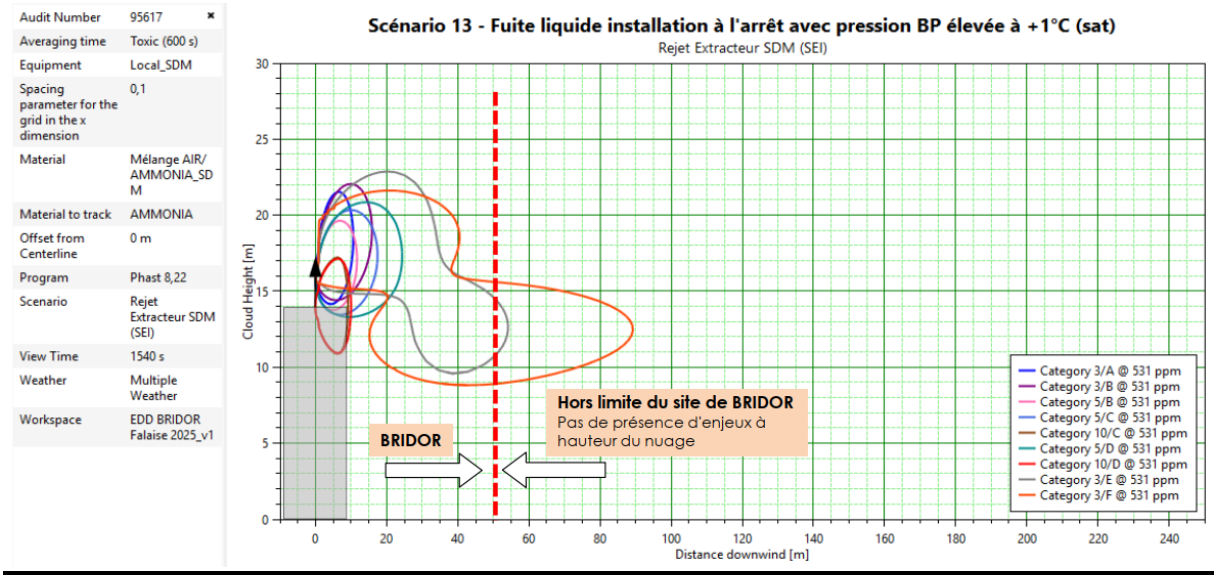
Le rejet dépasse les limites de propriété mais la hauteur du rejet n'engendre pas d'effet indésirable au sol.
L'altitude du rejet est de 15 m, ce qui correspond à la sortie du conduit.

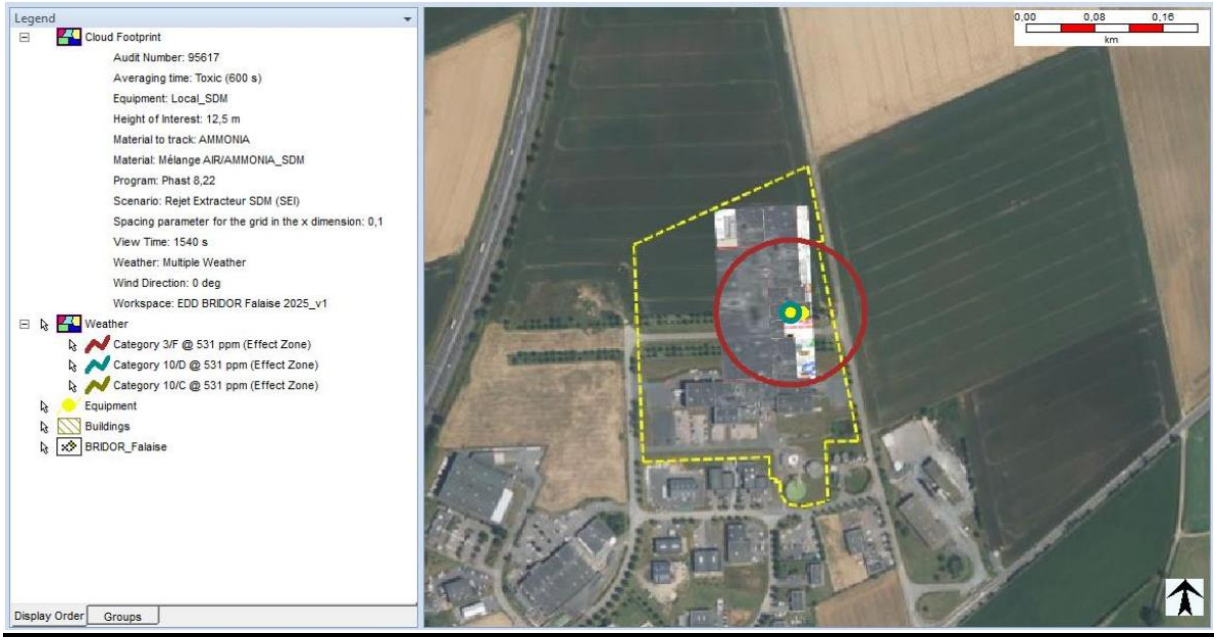
Aucun effet au sol n'est perçu en cas de rejet depuis une tuyauterie liquide HP dans la SDM 4.

Présentation des résultats pour le scénario 18-13

L'installation est supposée à l'arrêt. La capacité BP d'ammoniac est considérée à +10°C sous 6,15 bars absolus (Etat à saturation). Il est fait l'hypothèse d'une rupture d'une tuyauterie en partie basse (Sous la capacité). La fuite est en phase liquide, un phénomène de détente est pris en compte dans le calcul de dispersion. L'ammoniac se répand alors dans la rétention sous la capacité à l'intérieur de la SDM.

Figure 4-6 : Scénario 18-13





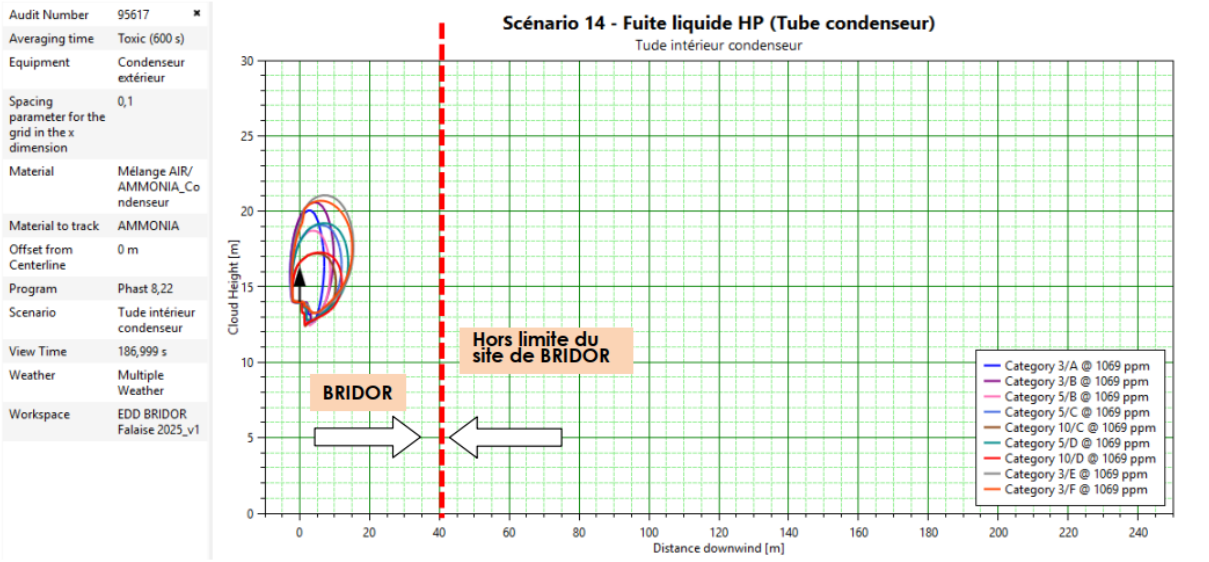
Le rejet dépasse les limites de propriété mais la hauteur du rejet n'engendre pas d'effet indésirable au sol.

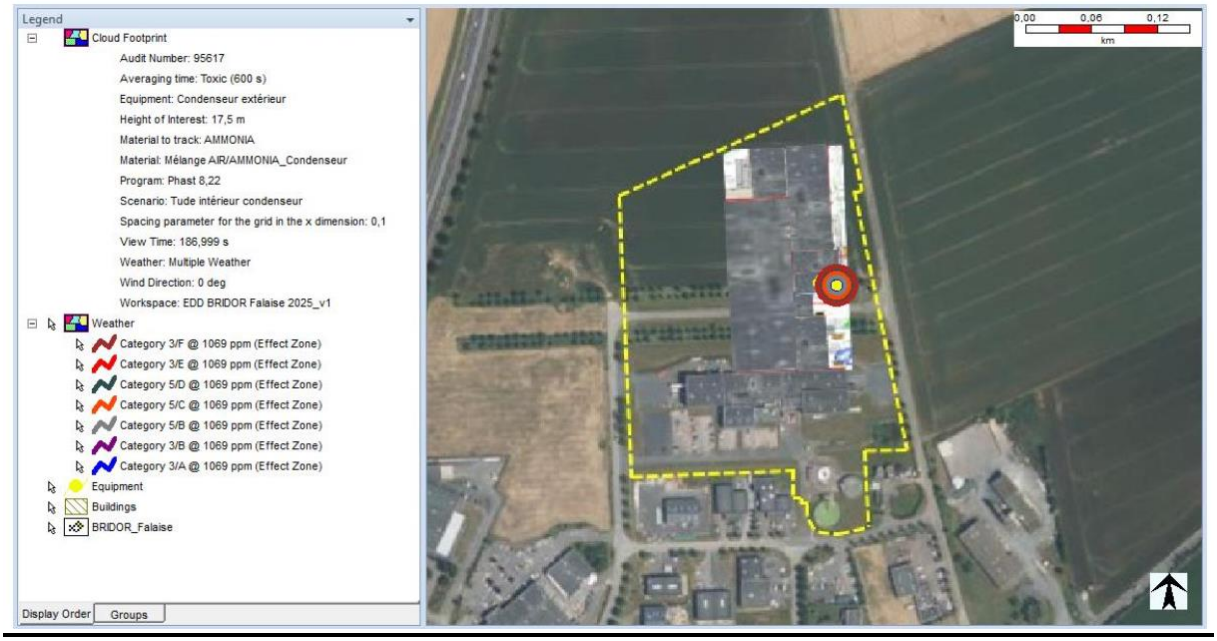
L'altitude du rejet est de 15 m, ce qui correspond à la sortie du conduit. Aucun effet indésirable ne sera perçu en dehors des limites de propriété.

Présentation des résultats pour le scénario 18-14

L'installation est supposée en fonctionnement. Le débit considéré correspond au débit de masse HP pour une perte de confinement d'un condenseur et les tuyauteries associées. Le condenseur est considéré à +35°C sous 13,4 bars absolus (état à saturation). Il est fait l'hypothèse d'une rupture d'une tuyauterie en phase liquide, un phénomène de détente est pris en compte dans le calcul de la dispersion. L'ammoniac se répand alors dans la rétention sous le condenseur.

Figure 4-7 : Scénario 18-14





Le rejet ne dépasse pas les limites de propriété de BRIDOR.

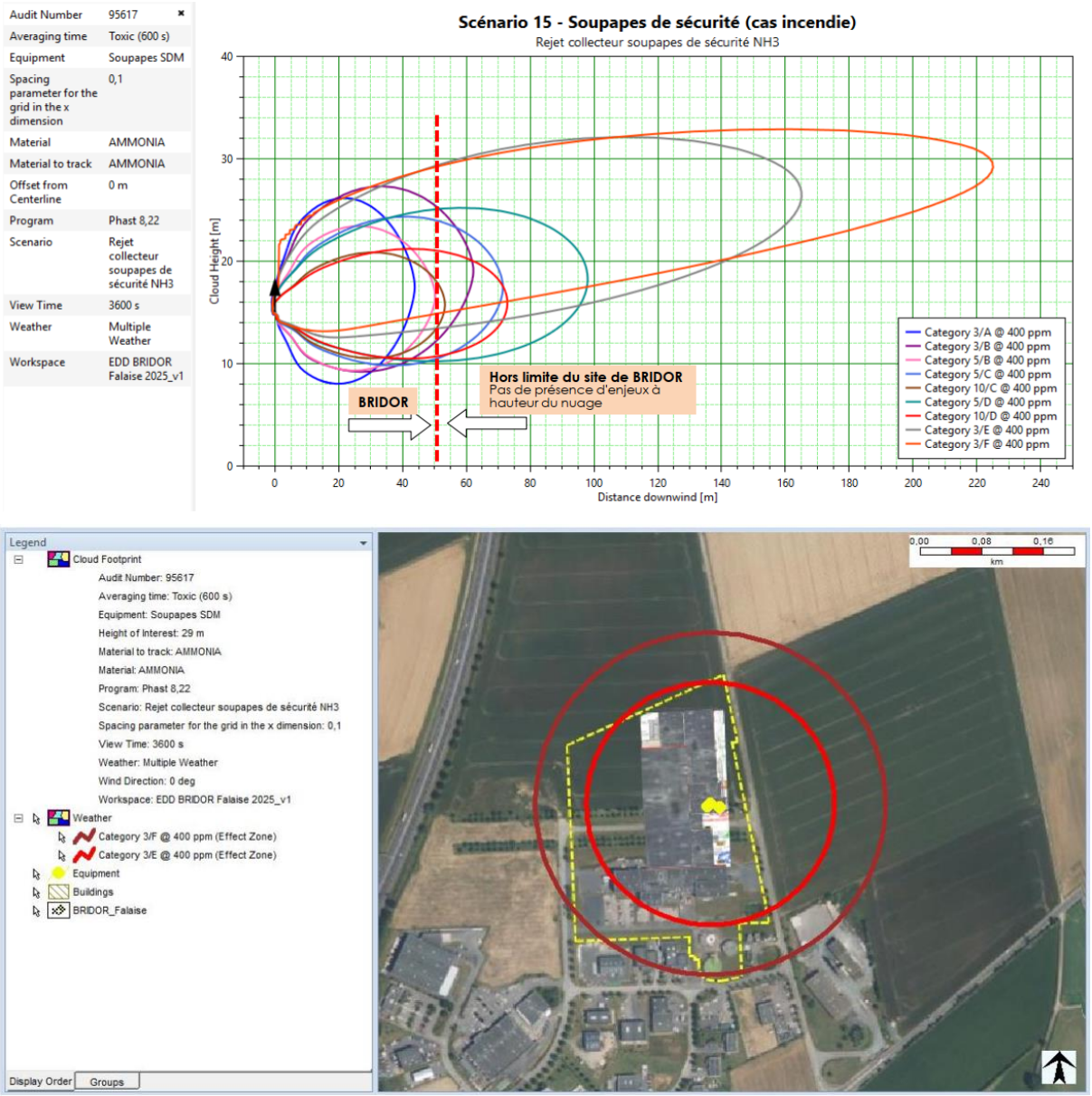
Aucun effet au sol n'est perçu. Aucun effet au niveau des tiers n'est perçu.

Présentation des résultats pour le scénario 18-15

Le scénario 15 correspond aux effets dominos en cas d'incendie dans le local technique.

L'installation est supposée en fonctionnement. En cas d'incendie, l'ammoniac sera rejeté par les soupapes de sécurité via le collecteur de rejet.

Figure 4-8 : Scénario 18-15



Le rejet dépasse les limites de propriété mais la hauteur du rejet n'engendre pas d'effet indésirable au sol.

4.4.4 Gravité des conséquences : effets de surpression liés à l'explosion de silos

- **Formule générale**

La méthodologie utilisée dans la présente est identique à celle retenue dans le cadre de l'étude des dangers initiale. Cette méthodologie est développée dans le guide de l'état des silos - Version 3 - 2008 – Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire.

La détermination de l'énergie de l'explosion de poussières s'effectue à partir de l'équation de Brode simplifiée (en Joules) :

E = 3 *V * (Pex – Patmosphérique)

Avec :
- V : volume de l'enceinte considérée en m3
- Pex – Patmosphérique = Pression relative de l'explosion **en Pa**,
- Pex : pression absolue de l'explosion.

- **Seuil de surpression retenu et calcul des distances de zones**

Les seuils d'effets de surpression retenus sont ceux définis par l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 :

- 300 mbar : seuil des dégâts très graves sur les structures ;
- 200 mbar : seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone des dangers très graves pour la vie humaine et seuil des effets dominos sur les structures ;
- 140 mbar : seuil des effets létaux délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine et seuil des dégâts graves sur les structures ;
- 50 mbar : seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine et seuil des dégâts légers sur les structures ;
- 20 mbar : seuil des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitres sur l'homme et seuil des destructions significatives de vitres.

La détermination des distances des effets de surpression s'effectue en appliquant la méthode multi-énergie indice 10, qui peut être majorante dans certains cas. Cette formule, respectant la physique du phénomène, donne les surpressions d'une onde de choc résultant d'un éclatement, en fonction de l'énergie d'explosion E.

Le tableau suivant donne les formules associées aux effets de surpression.

Figure 4-9 Distance des effets de surpression suivant la méthode multi-énergie indice 10

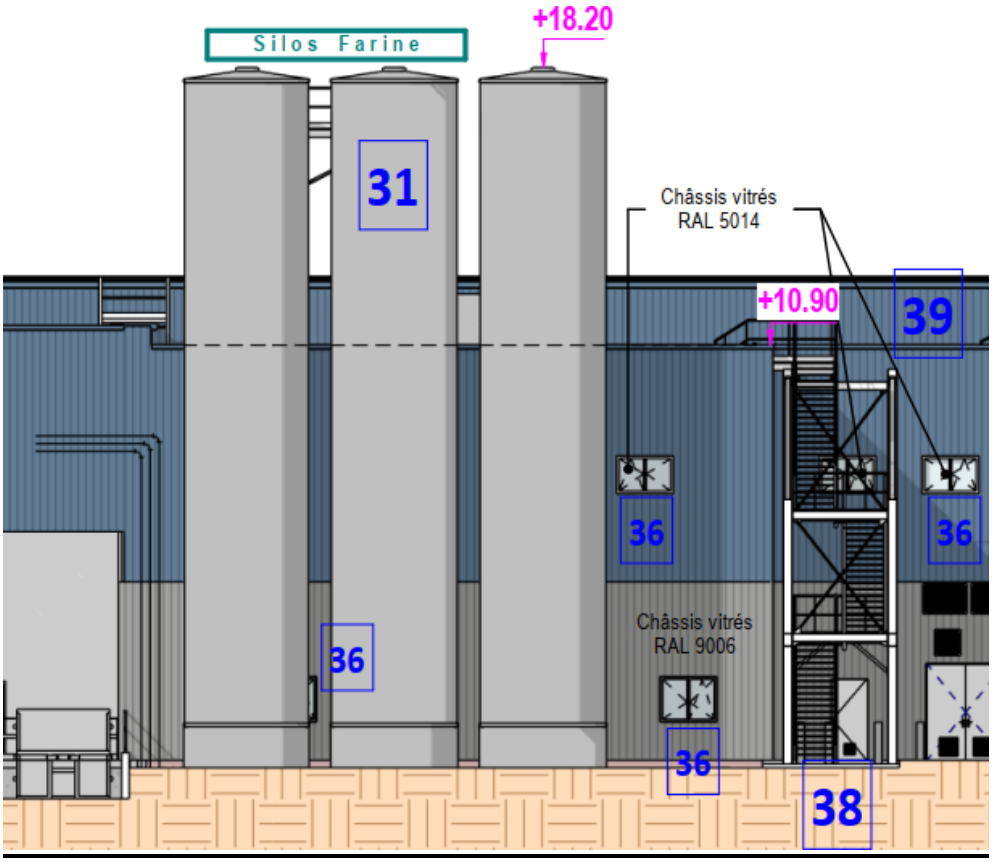
Valeurs de référence relatives au seuil d'effets de surpression	Distance des effets de surpression suivant la méthode multi-énergie indice 10. (en m pour E en J)
300 mbars	0,028 $E^{1/3}$
200 mbars	0,032 $E^{1/3}$
140 mbars	0,05 $E^{1/3}$
50 mbars	0,11 $E^{1/3}$

Comme indiqué par l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005, la distance correspondant au seuil à 20 mbars peut être prise comme égale au double de la distance à 50 mbars.

- **Calcul des distances d'effets au sol**

Les distances sont initialement calculées au point de décharge de l'onde soit au niveau de l'évent donc en partie haute du silo. Pour caractériser les distances d'effets au sol, nous retiendrons la hauteur du silo et recalculerons les distances d'effets au sol en utilisant le théorème de Pythagore.
Dans le cas présent, les distances d'effet au sol seront calculées depuis le toit des silos.

Figure 4-10 : Implantation des silos de farine



4.4.4.1 Hypothèses de calcul

- **Caractéristiques des silos**

Tableau 4-6 : Caractéristiques des silos

Équipement	Silo
Produits stockés	Farine
Quantité (T)	60
Volume (m3)	100
Hauteur du toit (m)	18,2
Diamètre (m)	3,3

Matériau	Métallique

Event (O/N)	O

Pression d'éclatement (mbar)	100
Predmax (mbar)	900
Surface évent (m²)	2,39

KST produits	139
Pmax	9

Les caractéristiques des silos sont issues des données constructeur.

- **<u>Caractéristiques des produits</u>**

Les produits stockés sur le site de BRIDOR en silos sont des farines de blé et du sucre.
Selon les données recueillies auprès des fournisseurs, les caractéristiques d'explosivité de ces matières premières ne sont pas connues. Lors du dimensionnement des silos, la société Esteve a retenu des paramètres standards régulièrement repris dans la littérature ; ces paramètres (Kst) sont présentés dans le tableau ci-dessous et comparés aux valeurs de référence de la littérature.

Tableau 4-7 : Caractéristiques des produits

Source		Caractéristique	Farine de blé
Littérature	BIA/NFPA 61	Kst[3] (Bar.m.s-1)	[30 ;200]
	NFPA 61 (Essai)		139
	BIA/NFPA 61	Pmax[4] (bar)	[7 ;9]
	NFPA 61 (Essai)		9
	BIA	EMI[5] (mJ)	[10 ;300]
	INRS		60
	BIA	TAI[6] en nuage (°C)	[400 ;500]
	INRS		440
Référence constructeur		Kst	100
		Pmax	9

Les valeurs retenues par le constructeur sont cohérentes avec les valeurs retenues habituellement dans la littérature.

[3] Kst : valeur maximale de la pression obtenue dans des conditions d'essais spécifiées lors d'une explosion de poussières

[4] Pmax : Constante des explosions de poussières liées à la valeur maximale de la montée en pression par unité de temps obtenue dans des conditions d'essais spécifiées

[5] EMI : Energie minimale d'inflammation

[6] TAI : Température d'auto-inflammation

4.4.4.2 Résultats des modélisations

Au terme du projet BRIDOR disposera de 7 silos de 60 tonnes de farine.

Les hypothèses sont rappelées dans le tableau ci -avant et les feuilles de calcul présentées en annexe 5. Nous y renvoyons le lecteur. La valeur Pex-Patm a été prise, conformément aux préconisations du guide de l'état de l'art, à la valeur Predmax retenue pour le dimensionnement des évents.

Les résultats de cette étude sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 4-8 : Distance d'effet en cas d'explosion de silo (distance en mètres)

Zones	Scénario 22 Silo de farine 60 t – 100 m3	
	Rayon calculé au niveau du toit du silo	Rayon calculé au niveau du sol
Zone des dégâts très graves sur les structures (300 mbar)	8,4 m	NA
ZELS : Zone d'Effet Létaux Significatifs : zone de danger très grave pour la vie humaine (200 mbar) Seuils des effets dominos	9,6 m	NA
ZEL : Zone d'Effets Létaux : zone de danger grave pour la vie humaine (140 mbar) Seuil des dégâts graves sur les structures	15,0 m	NA
ZEI : Zone d'effets irréversibles : zone de danger significatif pour la vie humaine (50 mbar) Seuils des dégâts légers sur les structures	33,0 m	27,5 m
Zone d'effets des bris de vitre (équivalent à deux fois la distance de la zone d'effets irréversibles)	66,0 m	63,4 m

Les silos sont situés à 51,2 m (phase 1) et 38,8 m (phase 2) des limites de propriété.
L'ensemble des zones d'effets létaux ou irréversibles est ainsi confiné au sein des limites de propriété.

Seuls les bris de verre pourront atteindre l'extérieur des limites de propriété.

La gravité est classée en 1 : pas de zone de létalité en dehors de l'établissement.

Les distances d'effet pour l'incendie et l'explosion sont reportées sur le plan ci-après.

Parcelle
Agricole

Limite de propriété

Parcelle
Agricole

des

zone claire

Alimentation AEP
réserve incendie

zone claire

14

192

191

190

17

20

25

Rejet Est des eaux
usées domestiques

Rejet Ouest des eaux
usées domestiques

Poste de relevage

Surverse bassin

BASSIN ETANCHE
RETENTION DES EAUX
D'EXTINCTION ET D'ORAGE
Volume 3135 m3

SNJ Granulats
Terrassement

Rejet des eaux industrielles
après pré-traitement

FLUX THERMIQUES

ZELS 8kw/m2

ZEL 5kw/m2

ZEI 3kw/m2

SEUIL DE SURPRESSION - SILOS

50mbar - Effets irréversibles « zone de dangers significatifs pour la vie humaine »

GES SAS
ZI LES BASSES FORGES
35530 NOYAL SUR VILAINE

BRIDOR
à FALAISE (14)

FLUX THERMIQUES et SURPRESSION

N°Dossier : 11223 Date : 06/2025

Echelle : 1/1000

4.5 GRILLE DE CRITICITÉ

La synthèse des couples probabilité/gravité est présentée dans le tableau ci-dessous. Chaque couple est numéroté et reporté dans la grille de criticité ci-après.

Tableau 4-9 : Synthèse couple probabilité/gravité

	N° de scénario	Local	Effet thermique	Effet de surpression	Effet toxique
Scénarii d'incendie	5	Auvent palettes	C/1		
	6	Chambre froide – stockage de produits finis	C/1		
Ammoniac	18-11	Rupture guillotine de la tuyauterie HP vapeur en aval du condenseur			D/1
	18-13	Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en amont des pompes ammoniac			D/1
	18-14	Rupture guillotine d'un tube interne au condenseur			D/1
	18-15	Effet domino – incendie en SDM			D/1
Silos	22	Explosion silos farine		C/1	

Tableau 4-10 : Grille de criticité

Gravité		Probabilité				
		E	D	C	B	A
		Extrêmement peu probable	Très improbable	Improbable	Probable	Courant
5	Désastreuse					
4	Catastrophique					
3	Importante					
2	Sérieuse					
1	Modérée		N°18-11 N°18-13 N°18-14 N°18-15	N°5 N°6 N°22		

Légende :
- Zone rouge : risque inacceptable. Une modification du projet ou de nouvelles mesures de maîtrise des risques doivent être envisagées pour sortir de cette zone.

- Zone jaune : zones de mesures de maîtrise des risques : les risques sont jugés tolérables et seront acceptés seulement si l'exploitant a analysé toutes les mesures de maîtrise du risque envisageables et mis en œuvre celles dont le coût n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus, soit en termes de sécurité globale de l'installation, soit en termes de sécurité pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement.
- Zone verte correspond à un risque résiduel, compte tenu des mesures de maîtrise du risque, modéré et n'impliquant pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident au titre des installations classées.

Aucun risque n'est classé comme inacceptable.

Le risque de pollution du milieu en cas de sinistre est maîtrisé grâce aux deux bassins de confinement.

Les mesures de prévention et de protection qui sont en place sur le site de BRIDOR permettent donc d'assurer un niveau de risque aussi bas que possible.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1. NOTE DECI

ANNEXE 2. ETUDE DE DANGERS AMMONIAC

ANNEXE 3. PLANS DE LOCALISATION DES SONDES CO2 ET NH3

ANNEXE 4. RAPPORTS FLUMILOG

ANNEXE 5. NOTE DE CALCUL EXPLOSION DES SILOS DE FARINE

Annexe 1. Note DECI

CONSEIL INDEPENDANT
EN ENVIRONNEMENT

à FALAISE (14700)

DEFENSE INCENDIE
Projet phase 2

GES n°11223 Mai 2025

AGENCE OUEST
5, rue des Basses Forges
35530 NOYAL-SUR-VILAINE
Tél. 02 99 04 10 20
Fax 02 99 04 10 25
e-mail : ges-sa@ges-sa.fr

AGENCE NORD-EST
80 rue Pierre-Gilles de Gennes
02000 BARENTON BUGNY
Tél. 03 23 23 32 68
Fax 09 72 19 35 51
e-mail : ges-laon@ges-sa.fr

AGENCE EST
870 avenue Denis Papin
54715 LUDRES
Tél. 03 83 26 02 63
Fax 03 26 29 75 76
e-mail : ges-est@ges-sa.fr

AGENCE SUD-EST-CENTRE
139 impasse de la Chapelle - 42155
ST-JEAN ST-MAURICE/LOIRE
Tél. 04 77 63 30 30
Fax 04 77 63 39 80
e-mail : ges-se@ges-sa.fr

AGENCE SUD-OUEST
Forge
79410 ECHIRÉ
Tél. 05 49 79 20 20
Fax 09 72 11 13 90
e-mail : ges-so@ges-sa.fr

SOMMAIRE

1 RUBRIQUES ICPE 3

2 BESOINS EN EAU D'EXTINCTION 4

2.1 DIMENSIONNEMENT 4

2.2 MOYENS DISPONIBLES 4

3 CONFINEMENT 7

3.1 DIMENSIONNEMENT 7

3.2 DISPOSITIF PREVU 7

LISTE DES ANNEXES 8

1 RUBRIQUES ICPE

Classement au titre de la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement du site après actualisation des rubriques – après projet

Rubrique	Nature, capacité et volume des activités	Régime
3642	**Traitement et transformation en vue de la fabrication de produits alimentaires ou d'aliments pour animaux issus /** 3. Matières premières animales et végétales, aussi bien en produits combinés qu'en produits séparés, avec une capacité de production, exprimée en tonnes de produits finis par jour : a) Supérieure à 75 si A est égal ou supérieur à 10	326 t/jour A
4735-1 a)	**Ammoniac** La quantité susceptible d'être présente dans l'installation étant supérieure à 1,5 t	A
511	**Entrepôts exclusivement frigorifiques**, à l'exception des dépôts utilisés au stockage de catégories de matières, produits ou substances relevant par ailleurs, de la présente nomenclature. *Le volume susceptible d'être stocké étant supérieur ou égal à 5 000 m³ mais inférieur à 50 000 m³*	D
2910-A	**Combustion** A. Lorsque l'installation consomme exclusivement, seuls ou en mélange, du gaz naturel, des gaz de pétrole liquéfiés, du fioul domestique, du charbon, des fiouls lourds ou de la biomasse … La puissance thermique étant inférieure à 1 MW	D
2925	**Accumulateurs (ateliers de charge d')** La puissance maximale de courant continu utilisable étant inférieure à 50 kW	D
4735-2 b)	**Ammoniac** En récipients de moins de 50 kg, et quantité supérieure à 150 kg et inférieure à 5 t	DC

A : Autorisation
E : Enregistrement D : déclaration C : soumis à contrôle périodique NC : non classé

Textes applicables :

Arrêté du 02/02/1998 : ICPE soumises à autorisation

Arrêté du 27/02/2020 : ICPE – IED FDM

Arrêté du 29//05/2000 : rubrique 2925 - D

Arrêté du 27/03/2014 : rubrique 1511 – D

Arrêté du 16/07/1997 : rubrique 4735 - A

2 BESOINS EN EAU D'EXTINCTION

2.1 DIMENSIONNEMENT

Trois scénarios sont étudiés :
- Hall de production LV15-LV16 (en phase 2)
- Chambre froide négative
- Hall de production phase 2 (LV17-LV18)

Les locaux existent seront séparés par un mur coupe-feu des nouvelles installations.

Tableau 2-1 : Besoin en eau d'extinction (D9)

	Production LV15-LV16	**CF négative**	**Production LV17-LV18**
Plus grande surface non recoupée	8 708 m^2	4 945 m^2	8 187 m^2
Dont stockage	-	3 530 m^2	-
Risque retenu	2	2	2
Matériau aggravant	oui	oui	oui
Hauteur de stockage considérée	≤ 3m	≤12 m	≤ 3 m
Stabilité au feu de l'ossature	15 min	60 min	15 min
Accueil physique 24H/24H	Non	Non	Non
Détection incendie reportée en télésurveillance	Oui	Oui	Oui
Sprinklage	Oui	Non	Oui
Volume de la source	910 m^3		910 m^3
Besoin en eau	420 m^3/h	450 m^3/h	420 m^3/h
Sur 2 heures	840 m^3	900 m^3	840 m^3

2.2 MOYENS DISPONIBLES

Tous les nouveaux locaux seront sprinklés y compris dans les combles, à l'exception de la chambre froide qui sera dotée d'une détection haute sensibilité et de la salle des machines ammoniac (sous détection).
Les locaux existants seront sprinklés à terme.

Le volume de la source de sprinklage est de 910 m^3. Une cuve redondante de 910 m^3 est également prévue.

Une télésurveillance avec report sera opérationnelle 24 h/24 (société extérieure et astreinte).

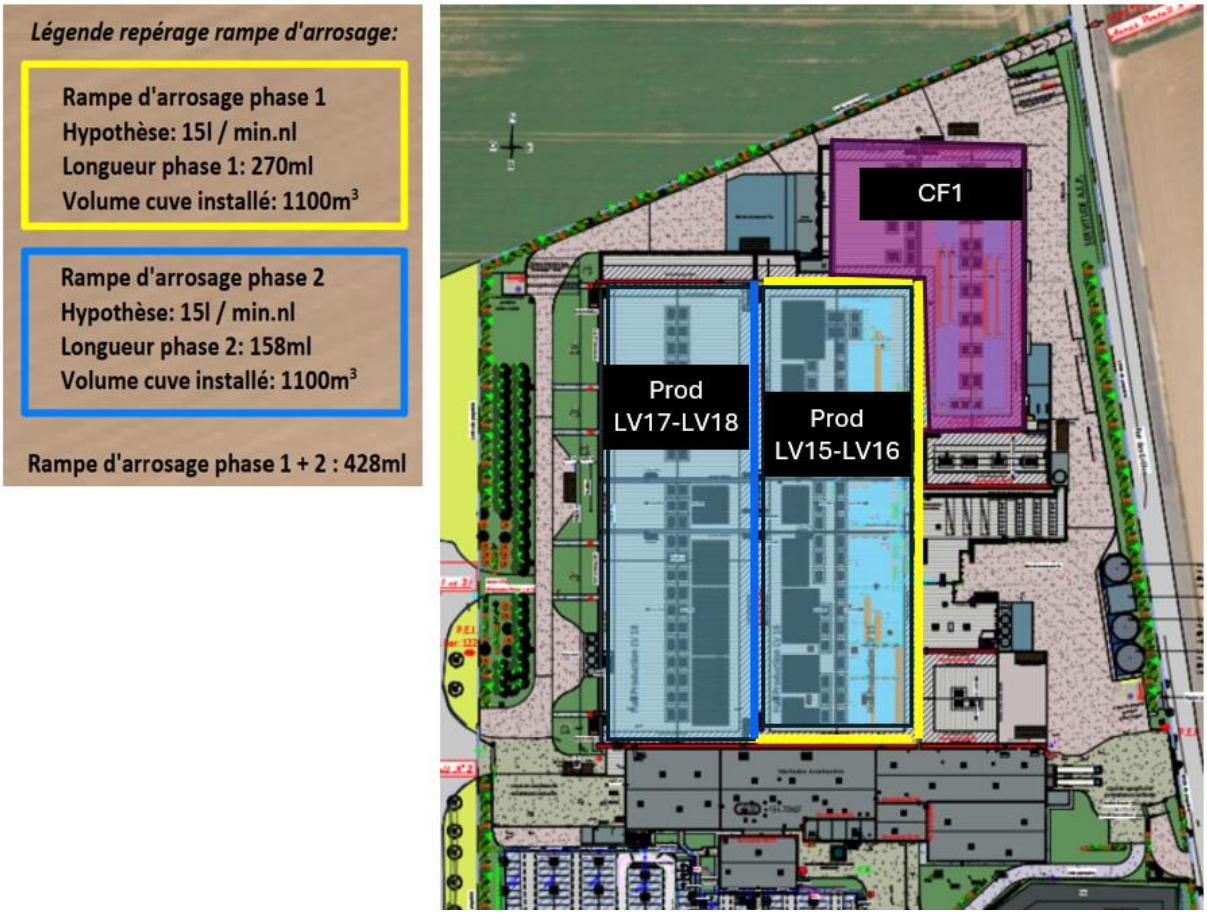
Le site disposera de 2 réserves incendie de 240 m^3, et sur le domaine public, du poteau communal situé boulevard du Pays de Falaise (retenu à 90 m^3/h) et un second poteau rue des grêles (110 m^3/h), à proximité des installations de sprinklage. Les réserves seront dotées chacune 2 aires de mise en station, matérialisées au sol avec une interdiction de stationner.

Compte tenu de la largeur des bâtiments (locaux techniques/chambre froide + locaux de production), des sprinklers de protection sont prévus pour les murs coupe-feu séparatifs.

Il est prévu 2 rideaux d'eau :1 sur chaque mur coupe-feu séparatif du hall de production LV15-LV16 et avec l'existant. L'objectif visé est le refroidissement du mur coupe-feu, afin de contribuer à préserver leur caractère REI, par le refroidissement des murs coupe-feu sur toute leur longueur.

Les rideaux d'eau seront alimentés par une cuve spécifique de capacité totale 1 1100 m^3 dont 240 m^3 seront affectés à la défense incendie. Elle sera équipée de prises et de deux aires de mise en station. Il restera donc 860.

Localisation des rideaux d'eau



En cas d'incendie de :
- la chambre froide, seul R1 est mis en fonctionnement ;
- le hall LV15-LV16 en phase 2 : R1 et R2 sont actionnés
- le hall de production phase 2 : seul R2 est mis en fonctionnement.

Les rideaux d'eaux sont dimensionnés sur une base de 15 l/minute/ml.

Fonctionnement R1 : 270 ml à raison de 15 l/minute pendant deux heures : soit 486 m^3 utilisés
Fonctionnement R1+R2 : 428 ml à raison de 15 l/minute pendant deux heures : soit 770 m^3 utilisés.
Fonctionnement R2 : 158 ml à raison de 15 l/minute pendant deux heures : soit 284 m^3 utilisés.

Il est prévu une réserve spécifique pour la protection des murs coupe-feu, d'une capacité de 1 100 m^3, dotée de sa motopompe et de sa réserve de fuel. Le dispositif pourra être mis en œuvre par l'exploitant.
Sur cette capacité, 240 m^3 de la cuve Rideau d'eau seront réservés et serviront de point d'eau pour l'incendie. Deux aires de pompage seront aménagées.

Deux poteaux incendie sont présents, boulevard du Pays de Falaise (1 mesuré à 122 m^3/h et l'autres à 103 m^3/h, situés sur le même réseau) : par sécurité un débit de 90 m^3/h a été retenu pour le dimensionnement des besoins en réserve d'eau d'extinction.

Un second poteau rue des grêles (qui sera positionné à terme à proximité du local sprinklage) a été remis en service par la collectivité (non pris en compte dans la fourniture en eau d'extinction du site).

Moyens disponibles sur 2 heures (m^3)

Equipement	Volume pour 2 heures
1 poteau de 90 m^3/h	180
2 réserves sur site de 240 m^2	480
Réserve sur cuve rideaux d'eau	240
Total disponible	900
Besoins pour 2 heures	900

Les moyens disponibles sont suffisants.

Les capacités (source sprinklage, réserve rideau d'eau) devront être pris en compte dans le dimensionnement du volume de confinement. Le sprinklage ne sera pas mis en œuvre en cas d'incendie côté chambre froide.

Les aires échelle seront positionnées à proximité des murs coupe-feu (voir plan de masse général).

3 CONFINEMENT

3.1 DIMENSIONNEMENT

La méthode de calcul permettant de dimensionner ce volume de rétention à prévoir est la méthode D9A.
Cette méthode considère les volumes suivants :
- Les besoins pour la lutte extérieure contre l'incendie,
- Les moyens de lutte intérieure contre l'incendie, tels que le sprinklage ou les rideaux d'eau,
- Les volumes d'eau liés aux intempéries : 10 mm sur les surfaces imperméabilisées,
- Les volumes de produits liquides.

Les hypothèses prises en compte sont les suivantes (elles dépendent des calculs réalisés pour le calcul D9) :
- Le volume nécessaire à assurer pour éteindre l'incendie pour 2 heures
- Cuve de sprinklage : 2 cuves de 910 m3 (redondantes, 1 seule à retenir)
- Rideaux d'eau : réserve disponible de 855 m^3
- Surfaces imperméabilisées : 55 266 m^2, soit 553 m^3 pour 10 mm
- Quantités de produits liquides sur le site : négligeable

Besoins en confinement (m^3)

	Hall de production LV14-LV15	**Chambre froide**	**Hall de production LV16-LV18**
Besoin pour l'extinction	840	900	840
Source sprinklage	910		910
Réserve rideau d'eau	770	486	284
Pluie de 10 mm	553	553	553
Total	**3 073**	1 939	2587

C'est l'incendie du hall de production LV14-LV15 (en phase 2) qui est dimensionnant avec un besoin de 3 073 m^3. Un bassin de 3 135 m^3 est prévu.

3.2 DISPOSITIF PREVU

Le bassin prévu aura une capacité de 3 135 m^3.

La pompe en sortie sera asservie à la détection incendie de la chambre froide négative et au sprinklage.
Une vanne manuelle permettra également la fermeture du bassin.

La vanne manuelle assurera la fermeture rapide du bassin en cas de pollution accidentelle. Une procédure sera mise en place pour assurer sa fermeture en cas de de pollution accidentelle :
- Par le service d'astreinte en cas dehors des heures de fonctionnement,
- Par le service maintenance.

Cette procédure sera intégrée au plan incendie.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1. CALCULS D9 ET D9A

Annexe 1. Calculs D9 et D9A

BRIDOR à FALAISE

Plus grande surface non recoupée : chambre froide négative et quais d'expédition

Détermination du débit requis

Se référer à l'instruction technique D9 de juin 2020 pour toute précision

Description sommaire du risque				
Désignation des bâtiments, locaux ou zones consituants la surface de référence	**Chambre froide négative et quais d'expédition**			
Principales activités				
Stockages (quantité et nature des principaux matériaux combustibles/inflammables)				
Critères	**Coefficients additionnels**	**Coefficients retenus pour le calcul**		**Commentaires**
Hauteur de Stockage (1) (2) (3)		Activité	Stockage	
- Jusqu'à 3 m	0			
- Jusqu'à 8 m	+0,1			
- Jusqu'à 12 m	+0,2		0,2	
- Jusqu'à 30 m	+0,5			
- Jusqu'à 40 m	+0,7			
- Au dela de 40 m	+0,8			
Type de construction (4)				
Ossature stable au feu ≥ R60	-0,1	-0,1	-0,1	
Ossature stable au feu ≥ R30	0			
Ossature stable au feu < R30	+0,1		0	
Matériaux aggravants (5)				
Présence d'au moins un matériau aggravant	+0,1	0,1	0,1	panneaux photovoltaïques / étanchéité toiture
Type d'intervention interne				
Accueil 24/24 (présence permanente à l'entrée)	-0,1		0	
DAI généralisé reportée 24/24 7J/7 en télésurveillance ou au poste de secours 24h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels (6)	-0,1	-0,1	-0,1	
Service de sécurité incendie ou équipe de seconde intervention avec moyens appropriés en mesures d'intervenir 24h/24 (7)	-0,3			
S des cofficients		-0,1	0,1	
1+ S		0,9	1,1	
Surface de référence en m²		1415	3530	Quais-expé/CF négative
Qi = 30 x $^{S}/_{500}$ x (1+S) (8)		76,41	232,98	
Catégorie de risque (9) **0,5 / 1 / 2 / 3**				
Risque de l'activité 2		114,615		panneaux Bs1d0
Risque du stockage 2			349,47	
Risque sprinklé (10) : Qrf, Q1, Q2 ou Q3 /2	**Oui ou Non**			
	non	0	0	
DEBITS REQUIS (Q en m³/h) (11)		464,085		
Arrondi au multiple de 30 le plus proche (12) (13) (14) (15)		**450**		

Soit besoins en Eau sur 2h	**900**

(1) Sans autres précision la hauteur de stockage doit être considérée étant égale à la hauteur du bâtiment moins 1m (cas des bâtiments de stockage)

(2) En cas de présence exclusive de liquides inflammables ou combustibles (point d'éclair inférieur à 93 °C) dans des contenants de capacité unitaire > 1 m3, retenir un coefficient égal à 0 (valable pour les stockages et les activités).

(3) Pour les activités, retenir un coefficient égal à 0.

(4) Pour ce coefficient, ne pas tenir compte de l'installation d'extinction automatique à eau.

(5) Les matériaux aggravants à prendre en compte sont :

- fluide caloporteur organique combustible d'une capacité de plus de 1 m3 ;
- panneaux sandwichs à isolant combustible présentant un classement de réaction au feu B s1 d0 ou inférieur selon l'arrêté du 21 novembre 2002 ;
- bardage extérieur combustible (bois, matières plastiques) ;
- revêtement d'étanchéité bitumé sur couverture (sauf couverture en béton) ;
- aménagements intérieurs en bois (planchers, sous toiture, etc.) ;
- matériaux d'isolation thermique combustibles en façade et en toiture (matières matériaux biosourcés, etc.)
- panneaux photovoltaïques.

Si la catégorie de risque retenue est déjà majorée du fait de la présence de panneaux sandwichs (voir chapitre 4.1.2), ceux-ci ne sont plus considérés comme des matériaux aggravants.

(6) Une installation d'extinction automatique à eau de type sprinkleur peut faire office de détection automatique d'incendie

(7) La présence seule d'équipiers de première intervention ou d'un service de sécurité utilisant uniquement des moyens de première intervention (extincteurs, RIA) ne permet pas de retenir cette minoration

(8) Qi : débit intermédiaire du calcul en m3/h.

(9) La catégorie de risque RF, 1, 2 ou 3 est fonction du classement des activités et stockages référencés en annexe 1.

Pour le risque RF, voir également le chapitre 4,1,2.

(10) Un risque est considéré comme protégé par une installation d'extinction automatique à eau si :

- protection autonome, complète (couvrant l'ensemble de la surface de référence) et dimensionnée en fonction de la nature du stockage et de l'activité réellement présente en exploitation, en fonction des règles de l'art et des référentiels existants
- installation entretenue et vérifiée régulièrement ;
- installation en service en permanence

(11) Le débit calculé correspond à la somme des débits liés aux activités et aux stockages dans la surface de référence considérée.

(12) Aucun débit ne peut être inférieur à 60 m3/h.

(13) Le débit retenu sera limité à 720 m3/h en cas de risque protégé par un système d'extinction automatique à eau. Tout résultat supérieur sera ramené à cette valeur.

14) La quantité d'eau nécessaire sur le réseau sous pression (voir chapitre 5, alinéa 9) doit être distribuée par des points d'eau incendie situés à moins de 100 m des accès principaux des bâtiments et distants entre eux de 150 m maximum. Par ailleurs, les points thermique du personnel amené à intervenir ne puisse excéder 5 kW/m².d'eau incendie seront positionnés dans la mesure du possible de telle sorte que l'exposition au flux

(15) Plafond de 720 m3/h pour les surfaces de référence protégées par une installation d'extinction automatique à eau

BRIDOR à FALAISE

Plus grande surface non recoupée : lignes de production LV15 - LV16

Détermination du débit requis

Se référer à l'instruction technique D9 de juin 2020 pour toute précision

Description sommaire du risque					
Désignation des bâtiments, locaux ou zones consituants la surface de référence			**LIGNES DE PRODUCTION LV15 LV 16 après phase 2**		
Principales activités					
Stockages (quantité et nature des principaux matériaux combustibles/inflammables)					
Critères		**Coefficients additionnels**	**Coefficients retenus pour le calcul**		**Commentaires**
Hauteur de Stockage [1] [2] [3]			Activité	Stockage	
- Jusqu'à 3 m		0			
- Jusqu'à 8 m		+0,1			
- Jusqu'à 12 m		+0,2			
- Jusqu'à 30 m		+0,5			
- Jusqu'à 40 m		+0,7			
- Au dela de 40 m		+0,8			
Type de construction [4]					
Ossature stable au feu ≥ R60		-0,1			
Ossature stable au feu ≥ R30		0			
Ossature stable au feu < R30		+0,1		0,1	
Matériaux aggravants [5]					
Présence d'au moins un matériau aggravant		+0,1	0,1	0,1	panneaux photovoltaïques
Type d'intervention interne					
Accueil 24/24 (présence permanente à l'entrée)		-0,1		0	
DAI généralisé reportée 24/24 7J/7 en télésurveillance ou au poste de secours 24h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels [6]		-0,1		-0,1	
Service de sécurité incendie ou équipe de seconde intervention avec moyens appropriés en mesures d'intervenir 24h/24 [7]		-0,3			
	S des cofficients		0,1	0,1	
	1+ S		1,1	1,1	
Surface de référence en m²				8708	lignes phase 1
Qi = 30 x $^{S}/_{500}$ x (1+S) [8]			0	574,728	
Catégorie de risque [9]	**0,5 / 1 / 2 / 3**				
Risque de l'activité	1		0		
Risque du stockage	2			862,092	en risque 2 : ligne de prod avec panneaux bs1d0
Risque sprinklé [10] : Qrf, Q1, Q2 ou Q3 /2		**Oui ou Non**			
		oui	0	431	
DEBITS REQUIS (Q en m³/h) [11]			431,046		
Arrondi au multiple de 30 le plus proche [12] [13] [14] [15]			**420**		

Soit besoins en Eau sur 2h	**840**

(1) Sans autres précision la hauteur de stockage doit être considérée étant égale à la hauteur du bâtiment moins 1m (cas des bâtiments de stockage)

(2) En cas de présence exclusive de liquides inflammables ou combustibles (point d'éclair inférieur à 93 °C) dans des contenants de capacité unitaire > 1 m3, retenir un coefficient égal à 0 (valable pour les stockages et les activités).

(3) Pour les activités, retenir un coefficient égal à 0.

(4) Pour ce coefficient, ne pas tenir compte de l'installation d'extinction automatique à eau.

(5) Les matériaux aggravants à prendre en compte sont :

- fluide caloporteur organique combustible d'une capacité de plus de 1 m3 ;
- panneaux sandwichs à isolant combustible présentant un classement de réaction au feu B s1 d0 ou inférieur selon l'arrêté du 21 novembre 2002 ;
- bardage extérieur combustible (bois, matières plastiques) ;
- revêtement d'étanchéité bitumé sur couverture (sauf couverture en béton) ;
- aménagements intérieurs en bois (planchers, sous toiture, etc.) ;
- matériaux d'isolation thermique combustibles en façade et en toiture (matières matériaux biosourcés, etc.)
- panneaux photovoltaïques.

Si la catégorie de risque retenue est déjà majorée du fait de la présence de panneaux sandwichs (voir chapitre 4.1.2), ceux-ci ne sont plus considérés comme des matériaux aggravants.

(6) Une installation d'extinction automatique à eau de type sprinkleur peut faire office de détection automatique d'incendie

(7) La présence seule d'équipiers de première intervention ou d'un service de sécurité utilisant uniquement des moyens de première intervention (extincteurs, RIA) ne permet pas de retenir cette minoration

(8) Qi : débit intermédiaire du calcul en m3/h.

(9) La catégorie de risque RF, 1, 2 ou 3 est fonction du classement des activités et stockages référencés en annexe 1.

Pour le risque RF, voir également le chapitre 4,1,2.

(10) Un risque est considéré comme protégé par une installation d'extinction automatique à eau si :

- protection autonome, complète (couvrant l'ensemble de la surface de référence) et dimensionnée en fonction de la nature du stockage et de l'activité réellement présente en exploitation, en fonction des règles de l'art et des référentiels existants
- installation entretenue et vérifiée régulièrement ;
- installation en service en permanence

(11) Le débit calculé correspond à la somme des débits liés aux activités et aux stockages dans la surface de référence considérée.

(12) Aucun débit ne peut être inférieur à 60 m3/h.

(13) Le débit retenu sera limité à 720 m3/h en cas de risque protégé par un système d'extinction automatique à eau. Tout résultat supérieur sera ramené à cette valeur.

14) La quantité d'eau nécessaire sur le réseau sous pression (voir chapitre 5, alinéa 9) doit être distribuée par des points d'eau incendie situés à moins de 100 m des accès principaux des bâtiments et distants entre eux de 150 m maximum. Par ailleurs, les points thermique du personnel amené à intervenir ne puisse excéder 5 kW/m².d'eau incendie seront positionnés dans la mesure du possible de telle sorte que l'exposition au flux

(15) Plafond de 720 m3/h pour les surfaces de référence protégées par une installation d'extinction automatique à eau

BRIDOR FALAISE

Scénario

Détermination du débit requis

Se référer à l'instruction technique D9 de juin 2020 pour toute précision

Description sommaire du risque					
Désignation des bâtiments, locaux ou zones consituants la surface de référence	**EXTENSION PHASE 2 LV17-LV18**				
Principales activités	**activité**				
Stockages (quantité et nature des principaux matériaux combustibles/inflammables)					
Critères			**Coefficients additionnels**	**Coefficients retenus pour le calcul**	**Commentaires**
Hauteur de Stockage [1] [2] [3]				Activité	Activité	avec panneaux < Bs1d0
- Jusqu'à 3 m			0			
- Jusqu'à 8 m			+0,1			
- Jusqu'à 12 m			+0,2			
- Jusqu'à 30 m			+0,5			
- Jusqu'à 40 m			+0,7			
- Au dela de 40 m			+0,8			
Type de construction [4]						
Ossature stable au feu ≥ R60			-0,1			
Ossature stable au feu ≥ R30			0			
Ossature stable au feu < R30			+0,1		0,1	
Matériaux aggravants [5]						
Présence d'au moins un matériau aggravant			+0,1	0,1	0,1	Panneaux photovoltaïques
Type d'intervention interne						
Accueil 24/24 (présence permanente à l'entrée)			-0,1			
DAI généralisé reportée 24/24 7J/7 en télésurveillance ou au poste de secours 24h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels [6]			-0,1		-0,1	
Service de sécurité incendie ou équipe de seconde intervention avec moyens appropriés en mesures d'intervenir 24h/24 [7]			-0,3			
		S des cofficients		0,1	0,1	
		1+ S		1,1	1,1	
	Surface de référence en m²				8187	
	Qi = 30 x $^{S}/_{500}$ x (1+S) [8]			0	540,342	
Catégorie de risque [9]		**0,5 / 1 / 2 / 3**				
Risque de l'activité		1		0		
Risque du stockage		2			810,513	
Risque sprinklé [10] : Qrf, Q1, Q2 ou Q3 /2			**Oui ou Non**			
			oui	0	405	
DEBITS REQUIS (Q en m³/h) [11]				405,2565		
Arrondi au multiple de 30 le plus proche [12] [13] [14] [15]				**420**		

Soit besoins en Eau sur 2h	**840**

(1) Sans autres précision la hauteur de stockage doit être considérée étant égale à la hauteur du bâtiment moins 1m (cas des bâtiments de stockage)

(2) En cas de présence exclusive de liquides inflammables ou combustibles (point d'éclair inférieur à 93 °C) dans des contenants de capacité unitaire > 1 m3, retenir un coefficient égal à 0 (valable pour les stockages et les activités).

(3) Pour les activités, retenir un coefficient égal à 0.

(4) Pour ce coefficient, ne pas tenir compte de l'installation d'extinction automatique à eau.

(5) Les matériaux aggravants à prendre en compte sont :

- fluide caloporteur organique combustible d'une capacité de plus de 1 m3 ;
- panneaux sandwichs à isolant combustible présentant un classement de réaction au feu B s1 d0 ou inférieur selon l'arrêté du 21 novembre 2002 ;
- bardage extérieur combustible (bois, matières plastiques) ;
- revêtement d'étanchéité bitumé sur couverture (sauf couverture en béton) ;
- aménagements intérieurs en bois (planchers, sous toiture, etc.) ;
- matériaux d'isolation thermique combustibles en façade et en toiture (matières matériaux biosourcés, etc.)
- panneaux photovoltaïques.

Si la catégorie de risque retenue est déjà majorée du fait de la présence de panneaux sandwichs (voir chapitre 4.1.2), ceux-ci ne sont plus considérés comme des matériaux aggravants.

(6) Une installation d'extinction automatique à eau de type sprinkleur peut faire office de détection automatique d'incendie

(7) La présence seule d'équipiers de première intervention ou d'un service de sécurité utilisant uniquement des moyens de première intervention (extincteurs, RIA) ne permet pas de retenir cette minoration

(8) Qi : débit intermédiaire du calcul en m3/h.

(9) La catégorie de risque RF, 1, 2 ou 3 est fonction du classement des activités et stockages référencés en annexe 1. Pour le risque RF, voir également le chapitre 4,1,2.

(10) Un risque est considéré comme protégé par une installation d'extinction automatique à eau si :

- protection autonome, complète (couvrant l'ensemble de la surface de référence) et dimensionnée en fonction de la nature du stockage et de l'activité réellement présente en exploitation, en fonction des règles de l'art et des référentiels existants
- installation entretenue et vérifiée régulièrement ;
- installation en service en permanence

(11) Le débit calculé correspond à la somme des débits liés aux activités et aux stockages dans la surface de référence considérée.

(12) Aucun débit ne peut être inférieur à 60 m3/h.

(13) Le débit retenu sera limité à 720 m3/h en cas de risque protégé par un système d'extinction automatique à eau. Tout résultat supérieur sera ramené à cette valeur.

14) La quantité d'eau nécessaire sur le réseau sous pression (voir chapitre 5, alinéa 9) doit être distribuée par des points d'eau incendie situés à moins de 100 m des accès principaux des bâtiments et distants entre eux de 150 m maximum. Par ailleurs, les points thermique du personnel amené à intervenir ne puisse excéder 5 kW/m².d'eau incendie seront positionnés dans la mesure du possible de telle sorte que l'exposition au flux

(15) Plafond de 720 m3/h pour les surfaces de référence protégées par une installation d'extinction automatique à eau

FRIAL FALAISE

TABLEAU DE CALCUL DES VOLUMES A METTRE EN RETENTION - D9A - Juin 2020

					volume m³
Besoin pour la lutte extérieure	Resultat de la D9			450	900
Moyen de lutte intérieure contre l'incendie	Sprinkleur	Volume de la réserve de la source principale ou besoins x durée de fonctionnement	Volume de la source	-	-
	Rideau d'eau (si non alimenté par le sprinklage)	Débit x tps de fonctionnement	Débit en m³/h	243	486
			Temps (min)	120	
	RIA	A négliger			-
	Mousse HF et MF (si non alimenté par le sprinklage)	Débit de solution moussante x tps de noyage (en général 15-25 min)	Débit en m³/h		-
			Temps (min)		
	Brouillard d'eau et autres sytèmes (si non alimenté par le sprinklage)	Débit x tps de fonctionnement requis	Débit en m³/h		-
			Temps (min)		
	colonne humide	Débit x tps de fonctionnement requis	Débit en m³/h		
			Temps (min)		
Volume d'eau liés aux intempéries		10l/m² de surface de drainage	Surface de drainage :	55266	553
Présence stock liquide		20% du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume	volume contenu: (en m³)		-
			Volume total de liquide à mettre en rétention		**1939**

BRIDOR FALAISE

TABLEAU DE CALCUL DES VOLUMES A METTRE EN RETENTION - D9A - Juin 2020

					volume m³
Besoin pour la lutte extérieure	Resultat de la D9			420	840
Moyen de lutte intérieure contre l'incendie	Sprinkleur + Irrigation	Volume de la réserve de la source principale ou besoins x durée de fonctionnement	Volume de la source	910	910
	Rideau d'eau (si non alimenté par le sprinklage)	Débit x tps de fonctionnement	Débit en m³/h	385,2	770
		2 rideaux d'eau	Temps (min)	120	
	RIA	A négliger			-
	Mousse HF et MF (si non alimenté par le sprinklage)	Débit de solution moussante x tps de noyage (en général 15-25 min)	Débit en m³/h		-
			Temps (min)		
	Brouillard d'eau et autres sytèmes (si non alimenté par le sprinklage)	Débit x tps de fonctionnement requis	Débit en m³/h		-
			Temps (min)		
	colonne humide	Débit x tps de fonctionnement requis	Débit en m³/h		
			Temps (min)		
Volume d'eau liés aux intempéries		10l/m² de surface de drainage	Surface de drainage :	55266	553
Présence stock liquide		20% du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume	volume contenu: (en m³)		-
			Volume total de liquide à mettre en rétention		**3 073**

PROJETR PHENIX

TABLEAU DE CALCUL DES VOLUMES A METTRE EN RETENTION - D9A - Juin 2020

					volume m³
Besoin pour la lutte extérieure	Resultat de la D9			420	840
Moyen de lutte intérieure contre l'incendie	Sprinkleur	Volume de la réserve de la source principale ou besoins x durée de fonctionnement	Volume de la source	910	910
	Rideau d'eau (si non alimenté par le sprinklage)	Débit x tps de fonctionnement	Débit en m³/h	142,2	284
			Temps (min)	120	
	RIA	A négliger			-
	Mousse HF et MF (si non alimenté par le sprinklage)	Débit de solution moussante x tps de noyage (en général 15-25 min)	Débit en m³/h		-
			Temps (min)		
	Brouillard d'eau et autres sytèmes (si non alimenté par le sprinklage)	Débit x tps de fonctionnement requis	Débit en m³/h		-
			Temps (min)		
	colonne humide	Débit x tps de fonctionnement requis	Débit en m³/h		
			Temps (min)		
Volume d'eau liés aux intempéries		10l/m² de surface de drainage	Surface de drainage :	55266	553
Présence stock liquide		20% du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume	volume contenu: (en m³)		-
			Volume total de liquide à mettre en rétention		**2587**

Annexe 2. Étude de danger ammoniac

BRIDOR – Falaise (14)

Etude de dangers – Installation de réfrigération à l'ammoniac

Atlantic Refrigeration Consulting

Frédéric LE BRONNEC
07/02/2025

Table des matières

Glossaire **4**

1. Introduction et contexte de l'étude **5**

1.1. Introduction 5

1.2. Contexte 6

2. Description de l'environnement de l'établissement **7**

2.1. Contexte climatique 7

3. Description de l'établissement **8**

4. Résumé non technique **8**

4.1. Présentation 8

4.2. Description des installations de réfrigération 10

4.3. Tableau de synthèse des mesures de prévention 11

4.4. Résultat de l'analyse des risques – PhD retenus 13

4.5. Résumé des résultats 14

4.6. Conclusions 16

5. Description des installations de réfrigération **17**

5.1. Généralités 17

5.2. Installations utilisant l'ammoniac 17

5.3. Implantation des installations 18

5.4. Equipements constituant le circuit NH3 19

5.4.1. Généralités 19

5.4.2. Rôles et caractéristiques des équipements – Circuit NH3 20

5.5. Autres données de fonctionnement 28

5.5.1. Rechargement d'ammoniac 28

5.5.2. Débits d'ammoniac dans les circuits 28

5.6. Listes des bonnes pratiques et des mesures de sécurité en prévention 29

5.6.1. Bonnes pratiques de prévention 29

5.6.2. Mesures de sécurité en prévention 30

5.6.3. Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la fuite toxique 33

5.6.4. Mesures de protection / limitation vis-à-vis de l'explosion 35

5.6.5. Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la pollution 35

5.6.6. Système de régulation et de contrôle 36

5.6.7. Tableau de synthèse des mesures de prévention 37

5.7. Les locaux et zones d'implantation 41

5.7.1. Salle des machines 41

5.7.2. Plateforme de condensation 41

6. Potentiels de dangers 42
6.1. Potentiels de dangers liés aux produits 42
6.1.1. Les risques liés à l'ammoniac 42
6.1.2. Autres produits 44
6.2. Potentiels de dangers liés au procédé 44
6.3. Cartographie des potentiels de dangers 45
6.3.1. Cartographie des zones 45
6.3.2. Profil altimétrique 45
6.4. Justification des potentiels de dangers 45
7. Retour d'expérience 46
7.1. Analyse générale de l'accidentologie 46
8. Analyses préliminaires des risques 47
8.1. Causes externes 47
8.1.1. Causes exclues de l'étude de dangers 47
8.1.2. Causes génériques d'origine naturelle 47
8.1.3. Causes liées à l'activité humaine 50
8.1.4. Causes liées l'environnement industriel 50
8.2. Causes internes liées au procédé 51
8.2.1. Analyse préliminaire des risques 51
8.3. Phénomènes dangereux retenus au terme de l'APR 53
9. Caractérisation de l'intensité des phénomènes dangereux 54
9.1. Sélection des phénomènes dangereux à modéliser 54
9.2. Principales hypothèses de modélisation 56
9.3. Intensité des phénomènes dangereux 56
9.3.1. Seuils d'effets sur l'homme 56
9.3.2. Conditions météorologiques 57
9.3.3. Environnement 57
9.3.4. Présentation des résultats 58
10. Caractérisation de la gravité des accidents potentiels 59
10.1. Grille d'évaluation de la gravité 59
10.2. Comptage des personnes pour évaluation de la gravité 59
11. Caractérisations des probabilités d'occurrence 60
11.1. Classes des probabilités d'occurrence 60
11.2. Détermination des probabilités d'occurrence des PhD de dispersion toxique 61
11.2.1. Point de départ : évaluation des fréquences des ERC 61
11.2.2. Evaluation de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux 61

11.2.3. Méthodes d'évaluation des barrières de sécurité 63
11.2.4. Probabilité d'occurrence des PhD de dispersion toxique 65
11.3. Evaluation des probabilités d'occurrence des explosions en zone confinée 66
11.4. Présentation des probabilités des phénomènes dangereux et des accidents majeurs 66
12. Caractérisation de la cinétique des évènements 67
13. Effets dominos 67
13.1. Effets dominos issus de la réfrigération à l'ammoniac 67
13.2. Effets dominos issus d'autres installations 67
14. Bilan des phénomènes dangereux et des accidents majeurs 68
14.1. Tableau de synthèse des phénomènes dangereux et accidents majeurs 68
14.2. Positionnement des accidents dans la matrice des risques 70
14.3. Phénomènes dangereux pour le Porter à Connaissance 73
15. Références 74
16. Liste des annexes 75
Annexe 1 : Description des installations de réfrigération à l'ammoniac 75
Annexe 2 : Caractéristiques de l'ammoniac 75
Annexe 3 : Optimisation de la quantité d'ammoniac 75
Annexe 4 : Accidentologie des installations de réfrigération 75
Annexe 5 : Tableaux d'analyse préliminaire des risques (APR) 75
Annexe 6 : Bonnes pratiques et mesures de sécurité 75
Annexe 7 : Evaluation des mesures de maitrise des risques 75
Annexe 8 : Caractérisation de l'intensité - version PHAST 8.22 75
Annexe 9 : Analyse détaillés des risques (ADR) 75
Annexe 10 : Répartition de charge d'ammoniac 75
Annexe 11 : Schéma de principe frigorifique 75
Annexe 12 : Principe de ventilation de la SDM 75
Annexe 13 : Répartition des zones à risques 75
Annexe 14 : Etude d'implantation de la détection NH3 75
Annexe 15 : Complément CO2 75

Glossaire

ADR	Analyse Détaillée des Risques (selon méthode nœud papillon)
AFF	Association Française du Froid
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillances et de leur Effet et de leur Criticité
APR	Analyse Préliminaire de Risques
ARI	Appareil Respiratoire Isolant
ATEX	Atmosphère Explosive (ex AdF, antidéflagrant)
BARPI	Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels
BP	Basse Pression
DC	Défaillance Critique
DMC	Défaillance Moyennement Critique
EDD	Etude de Dangers
EIPS	Equipement Important pour la Sécurité
EPI	Equipement de Protection Individuelle
ERC	Evènement Redouté Central
ERP	ERP Etablissement Recevant du Public
E/S	Entrée Sortie
HP	Haute Pression
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
MEG	Mono Ethylène Glycol
MPG	Mono Propylène Glycol
MMR	Mesure de Maîtrise des Risques
MP	Moyenne Pression
NC	Niveau de Confiance
PAC	Pompe à Chaleur
PhD	Phénomène Dangereux
POI	Plan d'Opération Interne
PPRT	Plan de Prévention des Risques Technologiques
SEI	Seuil des Effets Irréversibles
SEL	Seuil des Effets Létaux
SELS	Seuil des Effets Létaux Significatifs
SIL	Safety Integrity Level
TMD	TMD Transport de Marchandises Dangereuses
USNEF	USNEF Union Syndicale Nationale des Exploitations Frigorifiques

1. Introduction et contexte de l'étude

1.1. Introduction

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par BRIDOR FALAISE pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques de son installation de réfrigération située sur la commune de Falaise, dans le département Calvados (14), en région Normandie.

Le site de BRIDOR Falaise comportera dans sa situation finale **4 700 kg** d'ammoniac, c'est l'objet de cette étude.

N° de rubrique ICPE	Désignation	A, E, D, S, C, SO (*)	Raison
4735 1-a *Ex 1136*	**Emploi de l'ammoniac :** La quantité susceptible d'être présente dans l'installation étant **supérieure ou égale à 1 500 kg.**	**A**	Quantité d'ammoniac : Circuit NH3 (SDM) **= 4 700 kg**
4735 1-b *Ex 1136*	**Emploi de l'ammoniac :** La quantité susceptible d'être présente dans l'installation étant **supérieure ou égale à 150 kg, mais inférieure à 1 500 kg.**	**D**	
2921-a	**Refroidissement évaporatif par dispersion d'eau dans un flux d'air généré par ventilation mécanique ou naturelle (installation de) :** La puissance thermique évacuée étant **supérieure ou égale à 3 000 kW.**	**DC**	*Condenseur adiabatique à médias humidifiés (hors rubrique 2921)*
2921-b	**Refroidissement évaporatif par dispersion d'eau dans un flux d'air généré par ventilation mécanique ou naturelle (installation de) :** La puissance thermique évacuée étant **inférieur à 3 000 kW.**	**E**	*Condenseur adiabatique à médias humidifiés (hors rubrique 2921)*

A Autorisation.
E Enregistrement.
D Déclaration.
S Servitude d'utilité publique.
C Soumis au contrôle périodique prévu par l'article L.512-11 du code de l'environnement si le site ne relève pas de rubrique en Autorisation.
SO Sans objet, donc non concerné.

La présente étude est réalisée par la société Atlantic Refrigeration Consulting.

1.2. Contexte

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L512-1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

La présente étude est réalisée conformément à l'article R512-9 et en respectant l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classés soumises à autorisation.

Dans un objectif d'exploitation de son site de Falaise, BRIDOR Falaise a décidé d'utiliser l'ammoniac comme réfrigérant associé au CO2 pour la distribution. Le choix a été conduit par le résultat d'une étude des différentes solutions possibles.

2025

En première phase démarrage sur une ligne de production LV15.

2026

En deuxième phase démarrage sur la ligne de production LV16.

Futur

Phases futures de deux lignes supplémentaires.

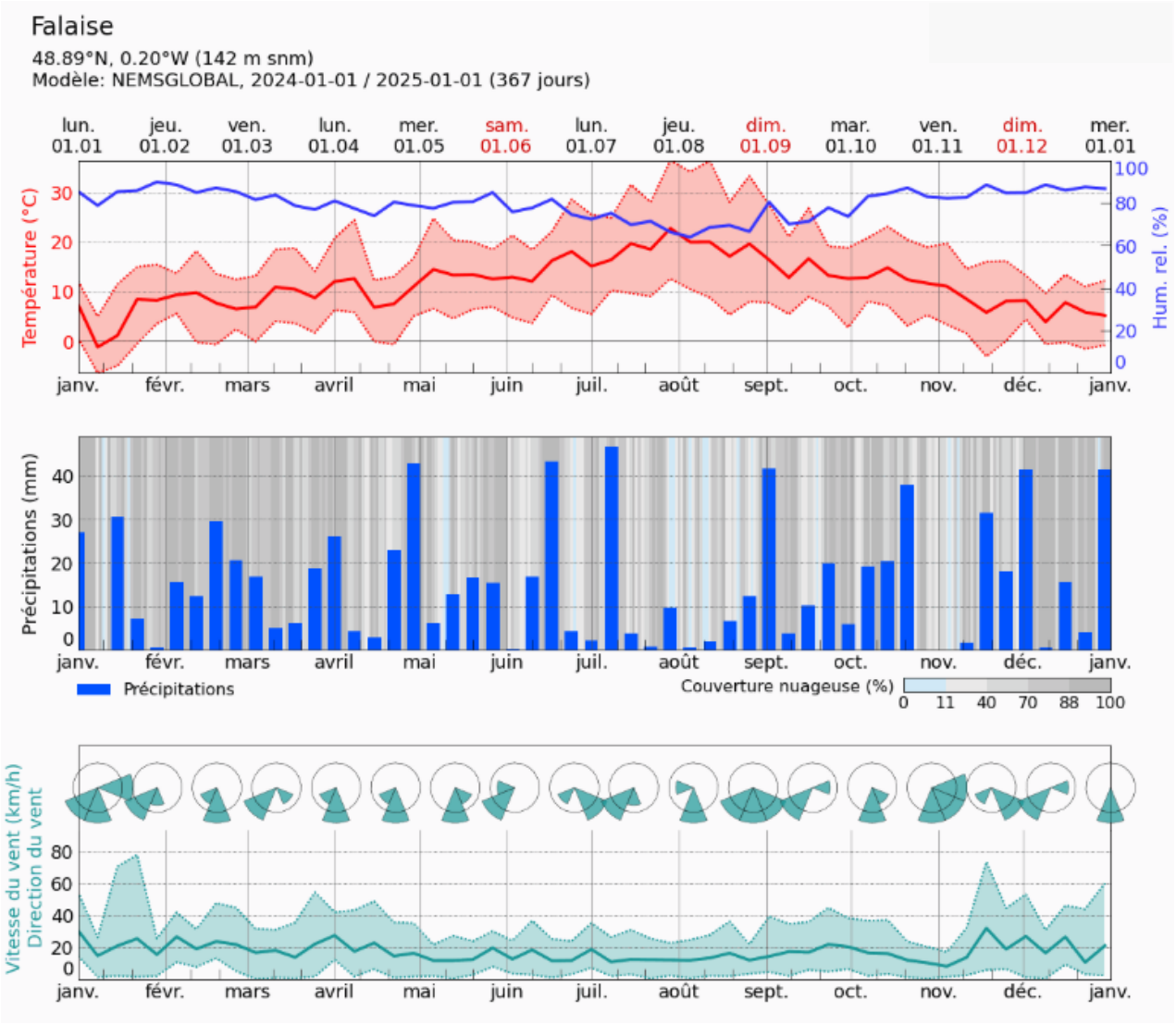
Réalisation de l'étude de dangers ammoniac pour l'installation en phase finale.

L'étude ci-présente reprends l'ensemble de l'installation du site avec la charge d'ammoniac ICPE = 4 700 kg.

2. Description de l'environnement de l'établissement

Ce chapitre est présenté dans le dossier ICPE global.

2.1. Contexte climatique



Le diagramme archive météo est composé de trois parties :

- Température et humidité relative à fréquence horaire
- Nuages (fond grisé) et ciel clair (fond jaune). Plus le gris est foncé, plus la couverture nuageuse est dense
- Vitesse du vent et direction (en degré 0° = Nord, 90° = Est, 180° = Sud et 270° = Ouest). Pour la partie dédiée au vent, les points violets représentent la direction du vent, comme indiqué sur l'axe de droite.

3. Description de l'établissement

Ce chapitre est présenté dans le dossier ICPE global.

4. Résumé non technique

4.1. Présentation

- **Introduction**

Le présent dossier constitue l'étude de dangers des installations de réfrigération du site de **BRIDOR FALAISE** qui est situé sur la commune de Falaise (14).

L'installation est soumise à autorisation :

- Capacité totale en ammoniac est de **4 700 kg**.
  - Système NH3 (circuit) = 4 700 kg

L'étude s'inscrit dans une intégration de dossier ICPE complet :

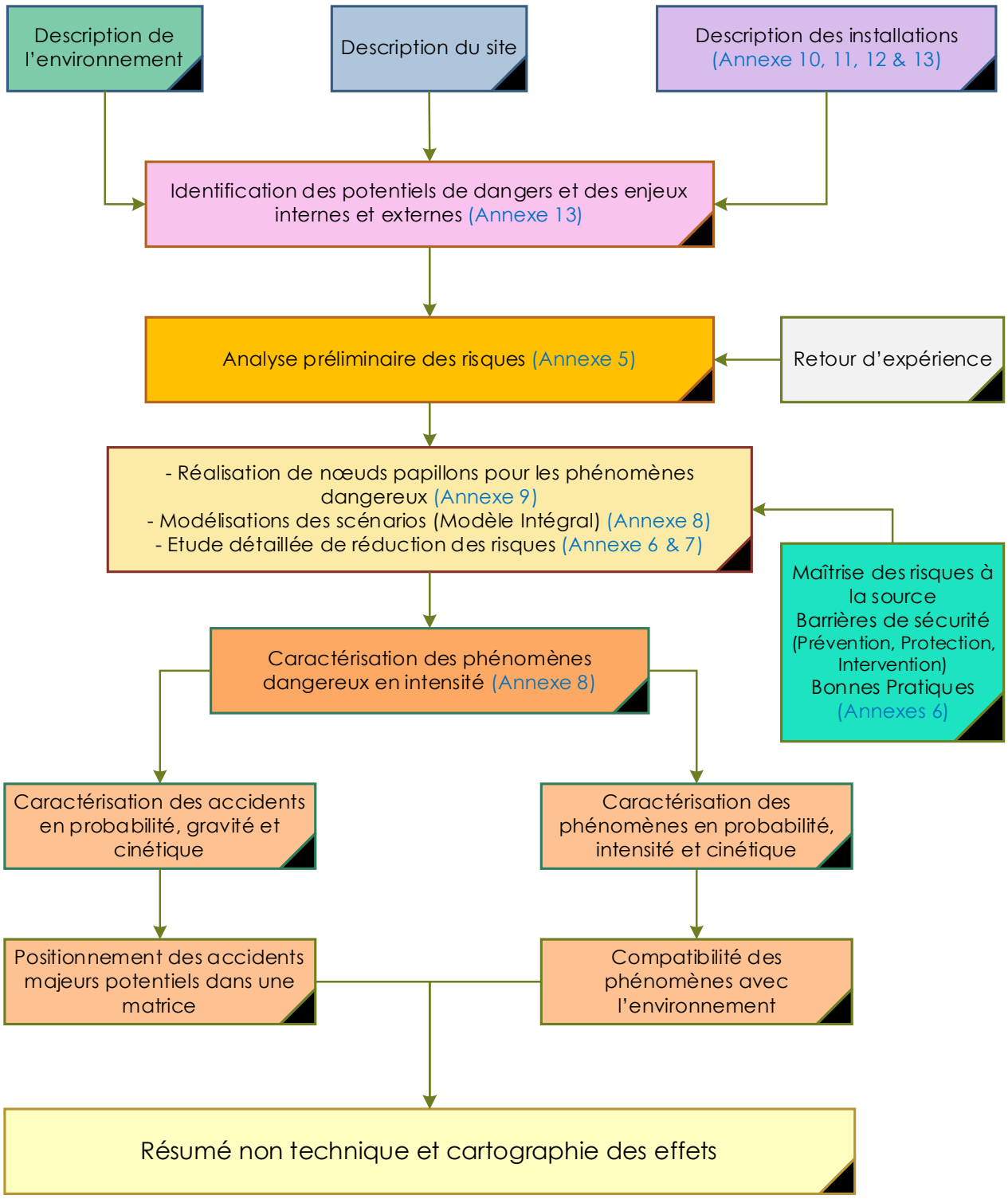
- Dossier ICPE (installation de plus de 1 500 kg d'ammoniac) et répondant en conformité à l'arrêté du 16 juillet 1997 et norme EN 378 parties 1, 2, 3 et 4 ;

- **La démarche**

L'étude de dangers est réalisée suivant « le guide de rédaction des études de dangers des installations de réfrigération à l'ammoniac », (DRA71. INERIS 27/02/2015) :

- **Annexe 1** - Description des installations de réfrigération à l'ammoniac
- **Annexe 2** - Caractéristiques de l'ammoniac
- **Annexe 3** - Optimisation de la quantité d'ammoniac
- **Annexe 4** - Accidentologie - Synthèse et exemples caractéristiques
- **Annexe 5** - Tableaux d'analyse préliminaire des risques
- **Annexe 6** - Bonnes pratiques et mesures de sécurité
- **Annexe 7** - Evaluation d'éléments des MMR
- **Annexe 8** - Caractérisation de l'intensité – version PHAST 8.22 (Modèle intégral)
- **Annexe 9** - Arbres d'évènements génériques
- **Annexe 10** - Répartition de charge d'ammoniac
- **Annexe 11** - Schéma frigorifique de principe BRIDOR FALAISE
- **Annexe 12** - Principe de ventilation BRIDOR FALAISE
- **Annexe 13** - Répartition des zones à risques liés à l'ammoniac BRIDOR FALAISE
- **Annexe 14** - Etude préalable détection NH3 BRIDOR FALAISE

Architecture de la démarche EDD :



4.2. Description des installations de réfrigération

Ces systèmes sont destinés au refroidissement de deux boucles de MPG ; (0/+4°C) pour la climatisation des halls de production et (-8/-4°C) pour le process. L'ammoniac est aussi utilisé en cascade pour la condensation du CO2 de la partie BP pour la distribution sur les postes négatifs :

- Utilisateurs négatifs indirects (via le CO2).
- Utilisateurs positifs indirects (via l'eau glycolée).

Cette installation contraindra en phase finale **4 700 kg d'NH3.**

Implantation des équipements principaux du circuit NH3 :

	INTERIEUR		EXTERIEUR
Zones SDM	SDM Circuit NH3	Confinement condenseurs (Edicule)	Terrasse SDM
Condenseur adiabatique			6
Condenseur à plaques	2		
Désurchauffeur à plaques	2		
Groupe moto-Compresseur MP	3		
Groupe moto-Compresseur BP	4		
Séparateur de liquide MP	1		
Echangeur NH3/MPG (0/+4°C)	2		
Séparateur de liquide BP	1		
Echangeur NH3/MPG (-8/-4°C)	2		
Séparateur de liquide BP cascade	5		
Echangeur NH3/CO2	5		
Liquéfacteur NH3/CO2	1		
Bouteillon de récupération d'huile	1		
Tuyauteries	HP/MP/BP	HP/MP	
Vannes et accessoires	Oui	Oui	
Armoires électriques	Oui		

⌦ L'**annexe 10** – Voir la répartition et le calcul des charges ammoniac.

⌦ L'**annexe 11** – Voir schéma de principe (fluide frigorifique).

⌦ L'**annexe 13** - Répartition des zones à risques liés à l'ammoniac BRIDOR FALAISE

Le schéma de principe est mis en tête de l'ANNEXE 11. C'est un schéma de principe, résumant le fonctionnement de l'installation, qui permet de situer les points éventuels de fuite envisagés par l'EDD.

4.3. Tableau de synthèse des mesures de prévention

Le tableau ci-dessous récapitule les mesures (bonnes pratiques et mesures de sécurité) en prévention identifiées précédemment.

⌦ L'**annexe 6** précise pour chacune des mesures indiquées dans ce paragraphe les exigences réglementaires (textes et articles associés) et les mesures indicatives ou obligatoires issues des normes (**EN 378-1-2-3-4 Système frigorifiques et pompes à chaleur** – Exigences de sécurité et d'environnement). **L'arrêté du 16 juillet 1997 demande que la salle des machines soit conforme aux normes en vigueur (article 3) et que le seuil de déclenchement de la détection ammoniac soit conforme aux normes en vigueur (article 42)**.

Numérotation des mesures	Intitulé général des bonnes pratiques et des mesures de sécurité en prévention et pour la maitrise des risques
O	Procédures de conduite et d'exploitation de l'installation
R	Vérifications réglementaires
P	Limitation de la montée en pression
V	Prévention des effets des vibrations
L	Préventions des coups de liquide
B	Prévention des chocs et bris mécaniques
C	Prévention de la corrosion
F	Prévention des fuites sur les organes ou tuyauteries
E	Prévention de l'échauffement excessif du moteur
H	Prévention des erreurs sur interventions
D	Prévention de la dépression
I	Prévention des effets des incendies
T	Prévention vis-à-vis de la fuite toxique (Annexe 14)
X	Prévention vis-à-vis de l'explosion (Annexe 14)
P	Prévention vis-à-vis de la pollution (Annexe 14)
N	Prévention des effets des causes naturelles
A	Prévention des effets des causes externes non naturelles

Tableau 1 : *Liste des bonnes pratiques et mesures de sécurité identifiées dans l'APR et les nœuds-papillons*

Liste des contrôles à vérifier annuellement durant l'audit (suivant l'article 9 de l'arrêté du 16 juillet 1997), ces contrôles sont nécessaires pour le maintien dans le temps de l'efficacité des barrières de sécurité :

	Désignation	Périodicité
EDD	EDD à jour (Article 13 & 14)	
AUDIT	Audit suivant l'arrêté du 16 juillet 1997	Annuelle
	Maitrise des risques incendies (Articles 44, 45, 46, 48)	
	Contrôle détection incendie	Semestrielle
Q1	Systèmes d'extinction automatique à eau de type sprinkler (R1)	6 mois
Q4	Vérification extincteurs (R4 règles APSAD)	Annuelle
Q5	Vérification RIA (R5 règles APSAD)	Annuelle
Q17	Système de désenfumage (R17 règles APSAD)	Annuelle
Q18	Contrôle des installations électriques (isolement)	Annuelle
Q19	Contrôle des installations électriques (thermographie)	Annuelle
	Maitrise des risques dysfonctionnement de l'installation (Articles 39, 42)	
EIPS	Contrôle des EIPS	Annuelle
EPI	Contrôle des équipements de protection individuel	Annuelle
NH3	Contrôle du système de détection ammoniac	Annuelle
ARI	Contrôle des ARI	Annuelle
	Maitrise des risques surpressions (Article 47, 49, 50, 51)	
ESP_R	Requalification	6 ans
ESP_I	Inspection ESP	24 mois
ESP_I	Inspection ESP	48 mois
ESP_ECH	Equipement échangeur à plaques (avant 2014)	Annuelle
TARAGE	Vérification test tarage soupapes ou remplacement	6 ans
TUY	Inspection des réseaux de tuyauteries	48 mois
	Maitrise des risques de pollutions des eaux (Articles 27 & 28)	
AMR	AMR (système de refroidissement d'eau dans flux d'air)	
LEG	Analyse de la concentration en Legionella pneumophila	Bimensuelle
NET	Nettoyage préventif	Annuelle
	Maitrise des risques naturels (Article 24)	
ARF	Analyse du Risque Foudre	
VC	Vérification Complète	
VVF	Vérification Périodique Visuelle Foudre (art 04/10/2010)	Annuelle
	Contrôle du niveau de Bruit (Article 25)	
BRUIT	Analyse de niveau de bruit	3 ans
	Agrément préfectoral traitement des déchets (Article 38)	
RECUP	Agrément préfectoral de l'entreprise de retraitement	5 ans

4.4. Résultat de l'analyse des risques – PhD retenus

- Liste des scénarii retenus à la suite de l'analyse de risque.
- Désignation des ERC en fonction des scénarii.

N°	Désignations ERC
10	Rupture d'un tube entre compresseurs et les condenseurs dans l'édicule (au niveau d'une vanne ou accessoire) = Perte de confinement **vapeur HP** à l'intérieur. Voir scénario 11 similaire et majorant avec liquide HP
11	Rupture d'un tube à la sortie du condenseur dans l'édicule (au niveau d'une vanne ou accessoire) = Perte de confinement **liquide HP** à l'intérieur. Scénario Majorant, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8
12	Rupture d'un tube en dessous de la bouteille BP – Installation en fonctionnement = Perte de confinement **liquide BP** à l'intérieur. Voir scénario 13 similaire et majorant avec pression plus importante
13	Rupture d'une canalisation en dessous de la bouteille BP – Installation à l'arrêt (à l'arrêt avec une élévation de la pression) avec limitation du rejet par la mise en place de vannes de sécurité = Perte de confinement **liquide BP** à l'intérieur. Scénario Majorant, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8
14	Rupture d'un tube à l'intérieur du condenseur en extérieur = Perte de confinement **liquide HP** en extérieur. Scénario tube extérieur voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8
15	Effet domino : Cas d'un incendie en SDM. Relâchement des soupapes de sécurité = Décharge des soupapes **vapeur HP** (collecteur) à l'atmosphère. Scénario cas incendie, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8

⌦ **Annexe 8** - Caractérisation de l'intensité – version PHAST 8.22 (Modèle intégral)
Les cartographies de synthèses des résultats sont présentées dans l'annexe 8.

4.5. Résumé des résultats

- **Rappel des résultats du système NH3 (SDM)** suivant les scénarii étudiés après mise en œuvre des mesures de prévention et de maitrise des risques (MMR) :

N°	PhD	Classe proba	Distances d'effet à hauteur des enjeux			Cinétique	Gravité
			SELS	SEL	SEI		
10	Rejet d'un nuage toxique par l'extraction de sécurité. Dispersion du nuage toxique à l'extérieur.	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détection d'ammoniac = arrêt **immédiat** au 2ème seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + **coupure des énergies** et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. **Hauteur de rejet = 15 m**	Modéré
11	Rejet d'un nuage toxique par l'extraction de sécurité. Dispersion du nuage toxique à l'extérieur.	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détection d'ammoniac = arrêt **immédiat** au 2ème seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + **coupure des énergies** et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. **Hauteur de rejet = 15 m**	Modéré
12	Rejet d'un nuage toxique par l'extraction de sécurité. Dispersion du nuage toxique à l'extérieur.	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détection d'ammoniac = arrêt **immédiat** au 2ème seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + **coupure des énergies** et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. **Hauteur de rejet = 15 m**	Modéré
13	Rejet d'un nuage toxique par l'extraction de sécurité. Dispersion du nuage toxique à l'extérieur.	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détection d'ammoniac = arrêt **immédiat** au 2ème seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + **coupure des énergies** et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. **Hauteur de rejet = 15 m**	Modéré

14	Rejet d'ammoniac par un tube. Dispersion d'un nuage toxique à l'extérieur.	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détection d'ammoniac = arrêt **immédiat** au 2ème seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + **Avertissement fuite extérieure**. Isolation du condenseur.	Modéré
15	Rejet d'ammoniac par le collecteur des soupapes. Dispersion d'un nuage toxique à l'extérieur.	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Rejet à l'atmosphère via un collecteur Détection d'ammoniac avec le capteur rejet soupapes. **Hauteur de rejet = 15 m** **Un périmètre de sécurité incendie serait également mis en place**. **Intervention des secours.**	Modéré

4.6. Conclusions

Avec la mise en place des Mesures de Maitrises de Risques expliquées dans la présente EDD et l'étude des modélisations de scénarii, il n'y a pas phénomènes pouvant conduire à des accidents majeurs, c'est-à-dire pouvant avoir potentiellement des effets à l'extérieur du site sur des enjeux (en prenant compte des relevés topographiques des zones alentours).

Mesures principales pour la nouvelle installation :

- Système de détection d'ammoniac suivant l'étude d'implantation de la détection réalisée dans cette EDD (Pour rappel il est impératif de maintenir les contrôles d'asservissement pour le maintien dans le temps des mesures barrières).
- Respecter les caractéristiques du rejet d'air ammoniaqué (Débit, hauteur).

Les scénarii majeurs pour chaque point de rejet ont été étudiés. Scénario de perte de confinement total (incendie, Rupture guillotine liquide HP en fonctionnement ou BP à l'arrêt). Un scénario majorant avec remontée de pression a été réalisé (voir scénario 13).

Les résultats des dispersions des ERC sont présentées dans l'annexe 8 (voir les coupes des nuages de dispersions) avec analyse d'enjeux à proximité.

Maintenir les contrôles réglementaires pour conserver l'efficacité des MMR. Ces contrôles sont vérifiés pendant l'audit annuel (Art. 9 de l'arrêté du 16 juillet 1997).

En conclusion, il faut retenir les enjeux dans leurs situations actuel sont hors des zone d'effets.

5. Description des installations de réfrigération

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente, au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

Il est rappelé que le champ de l'étude est restreint aux installations de réfrigération à l'ammoniac.

5.1. Généralités

Les méthodes les plus répandues, pour produire du froid aux niveaux de température utilisés de -50°C à +20°C, sont les méthodes thermodynamiques suivantes :

- Détente directe d'un fluide tel que les fluides halogénés ou les nouveaux fluides frigorigènes. (ATTENTION EN CAS DE FUITE car ces fluides inodores prennent la place de l'oxygène et peuvent entraîner une asphyxie rapide).
- Évaporation directe d'un fluide à basse tension de vapeur, (et à basse pression) tel que l'ammoniac méthode utilisée dans cette usine (voir chapitre 1.2).
- Utilisation d'un fluide caloporteur, non toxique, sans changement d'état. Cependant ce fluide caloporteur doit être lui-même refroidi, et l'on revient dans l'une des 2 méthodes précédentes.

5.2. Installations utilisant l'ammoniac

Substance naturelle et également synthétisée en grande quantité par l'industrie chimique, l'ammoniac présente comme fluide frigorigène certains avantages et notamment :

- De bonnes propriétés thermodynamiques (transfert de chaleur/masse) permettant d'obtenir des machines avec l'un des meilleurs coefficients de performances existants,
- Une température critique très élevée,
- Une enthalpie de vaporisation très élevée, rendant son utilisation possible pour produire des températures aussi basses que –60°C,
- Une neutralité chimique vis à vis des constituants du système frigorifique, hors du cuivre et de ses alliages, ainsi qu'une insensibilité à la présence d'air humide ou d'eau,
- Une meilleure stabilité vis-à-vis de l'huile,
- Une détection relativement facile en cas de fuite même minime (détection olfactive à 5ppm, etc.),
- Une absence d'effet sur l'ozone atmosphérique ou de contribution à l'effet de serre,
- Le prix d'achat le plus bas de tous les frigorigènes (5 à 8 fois moins cher au kg, 11 à 17 fois en prenant en compte la réduction de la taille des installations),
- Des dimensions plus réduites des tuyauteries pour une même puissance frigorifique,
- Globalement, des coûts de revient, moins importants.

Il existait dans le monde en 2000 plus de 300 000 installations à compression d'ammoniac hors réfrigérateurs domestiques et installations industrielles de récupération de chaleur perdue.

Issues d'une technologie bien maîtrisée, l'ammoniac est utilisé depuis plus d'un siècle comme frigorigène, ces machines couvrent presque l'ensemble des besoins industriels ou domestiques de moyenne ou de très grande puissance frigorifique (égale ou supérieure à 100 kW en froid).

⌦ L'**annexe 1** rappelle le principe de fonctionnement des installations.

5.3. Implantation des installations

Ces systèmes sont destinés au refroidissement de deux boucles de MPG ; (0/+4°C) pour la climatisation des halls de production et (-8/-4°C) pour le process. L'ammoniac est aussi utilisé en cascade pour la condensation du CO2 de la partie BP pour la distribution sur les postes négatifs :

- Utilisateurs négatifs indirects (via le CO2).
- Utilisateurs positifs indirects (via l'eau glycolée).

Cette installation contraindra en phase finale **4 700 kg d'NH3.**

Implantation des équipements principaux du circuit NH3 :

	INTERIEUR		EXTERIEUR
Zones SDM	SDM Circuit NH3	Confinement condenseurs (Edicule)	Terrasse SDM
Condenseur adiabatique			6
Condenseur à plaques	2		
Désurchauffeur à plaques	2		
Groupe moto-Compresseur MP	3		
Groupe moto-Compresseur BP	4		
Séparateur de liquide MP	1		
Echangeur NH3/MPG (0/+4°C)	2		
Séparateur de liquide BP	1		
Echangeur NH3/MPG (-8/-4°C)	2		
Séparateur de liquide BP cascade	5		
Echangeur NH3/CO2	5		
Liquéfacteur NH3/CO2	1		
Bouteillon de récupération d'huile	1		
Tuyauteries	HP/MP/BP	HP/MP	
Vannes et accessoires	Oui	Oui	
Armoires électriques	Oui		

⌦ L'**annexe 10** – Voir la répartition et le calcul des charges ammoniac.

⌦ L'**annexe 11** – Voir schéma de principe (fluide frigorifique).

⌦ L'**annexe 13** - Répartition des zones à risques liés à l'ammoniac BRIDOR FALAISE

Le schéma de principe est mis en tête de l'ANNEXE 11. C'est un schéma de principe, résumant le fonctionnement de l'installation, qui permet de situer les points éventuels de fuite envisagés par l'EDD.

5.4. Equipements constituant le circuit NH3

5.4.1. Généralités

Ce système contiendra au total **4 700 kg d'NH3**, destiné au refroidissement de deux boucles de MPG ; (0/+4°C) pour la climatisation des halls de production et (-8/-4°C) pour le process. L'ammoniac est aussi utilisé en cascade pour la condensation du CO2 de la partie BP pour la distribution sur les postes négatifs :

- Utilisateurs négatifs indirects (via le CO2).
- Utilisateurs positifs indirects (via l'eau glycolée).

A l'intérieur de la salle des machines SDM se trouve les systèmes 1 assurant la production de froid avec entre autres comme matériel confinant l'ammoniac :

- 3 x **compresseurs à vis MP (-11°C)** avec séparateur d'huile.
- 2 x **compresseurs à vis MP (-3°C)** avec séparateur d'huile.
- 1 x **compresseurs à pistons MP (-11°C)** avec séparateur d'huile.
- 1 x **compresseurs à pistons MP (-3°C)** avec séparateur d'huile.
- 2 x **Désurchauffeur à plaques** (récupération de chaleur).
- 2 x **Condenseur à plaques** (récupération de chaleur).
- 1 x **séparateur de liquide BP01 -11°C** moyenne température.
- 1 x **séparateur de liquide MP01 -3°C** moyenne température.
- 5 x **séparateur de liquide BP cascade -11°C** moyenne température.
- 2 x **échangeur NH3/CO2 sur BP cascade -11°C** moyenne température.
- 2 x **Echangeur NH3/Glycol sur BP01** moyenne température.
- 2 x **Echangeur NH3/Glycol sur MP01** moyenne température.
- 1 x **pot de soutirage d'huile** sous les séparateurs de liquide MP.
- Un système de détection de fuite d'ammoniac + un extracteur de sécurité.

A l'extérieur de la salle des machines se trouve le matériel suivant :

- 6 x **condenseurs adiabatiques**.
- 1 x **aéroréfrigérant** (circuit de refroidissement d'huile).
- Les **armoires électriques** de puissance et régulation (Local électrique dédié).
- Un système de détection de fuite d'ammoniac dans l'édicule.

⌦ L'**annexe 10** – Voir la répartition et le calcul des charges ammoniac.

⌦ L'**annexe 11** – Voir schéma de principe (fluide frigorifique).

Le schéma de principe est mis en tête de l'ANNEXE 11. C'est un schéma de principe, résumant le fonctionnement de l'installation, qui permet de situer les points éventuels de fuite envisagés par l'EDD.

5.4.2. Rôles et caractéristiques des équipements – Circuit NH3

5.4.2.1. Compresseurs BP

Rôle : Assurer la production frigorifique nécessaire pour le refroidissement de l'eau glycolée et à la condensation du CO2.

Fonctionnement : L'étage BP de chaque compresseur aspire, dans une bouteille BASSE PRESSION et refoule dans les condenseurs et le circuit de récupération de chaleur. Dans la bouteille MP reviennent les vapeurs surchauffées provenant de l'évaporation de l'NH3 dans les différents évaporateurs (échangeurs eau glycolée & échangeurs NH3/CO2).

Chaque compresseur est isolable individuellement.

Chaque compresseur est équipé des organes de sécurité comme : pressostats HP et BP, pressostat différentiel d'huile, thermostats d'huile et surchauffe, protections électriques du moteur principal d'entraînement.

Compresseur	**CP01**	**CP02**	**CP03**	**CP04**
Etage	BP	BP	BP	BP
Marque	GEA Grasso	GEA Grasso	GEA Grasso	GEA Grasso
Type	A vis	A vis	A vis	A pistons
Modèle	SP1 ZB-1A	SP1 ZB-1A	SP1 ZB-1A	V 1800HS
Régime de service (°C)	-11/+35	-11/+35	-11/+35	-11/+35
Puissance frigorifique unitaire Qo (kW)	**2 447**	**2 447**	**2 447**	**1 218**
Puissance absorbée sur l'arbre Qa (kW)	564	564	564	282
Refroidissement d'huile (kW)	235	235	235	/
Refroidissement de culasses	/	/	/	/
Moteur électrique (kW)	710	710	710	480
Soupapes de sécurité (bars)	20	20	20	20
Equipements annexes (Organes de sécurité)	• Séparateur d'huile, circuit d'huile, filtre à huile, filtre d'aspiration, vannes d'isolement aspiration et refoulement. • **EIPS** : Pressostats de sécurité HP, BP, pressostat différentiel d'huile. Thermostats d'huile et surchauffe. • Protections électriques du moteur du compresseur + Arrêt d'urgence.			

La puissance nominale est assurée par 3 compresseurs. Il y a un compresseur de secours.
Les sélections des compresseurs ont été réalisées avec la marque GEA.

5.4.2.2. Compresseurs MP

Rôle : Assurer la production frigorifique nécessaire pour le refroidissement de l'eau glycolée pour la climatisation des halls de production et le sous-refroidissement du débit masse BP (optimisation énergétique).

Fonctionnement : L'étage BP de chaque compresseur aspire, dans une bouteille MOYENNE PRESSION et refoule dans les condenseurs et le circuit de récupération de chaleur. Dans la bouteille MP reviennent les vapeurs surchauffées provenant de l'évaporation de l'NH3 dans les différents évaporateurs (échangeurs eau glycolée).

Chaque compresseur est isolable individuellement.

Chaque compresseur est équipé des organes de sécurité comme : pressostats HP et BP, pressostat différentiel d'huile, thermostats d'huile et surchauffe, protections électriques du moteur principal d'entraînement.

Compresseur	**CP05**	**CP06**	**CP07**	
Etage	BP	BP	BP	
Marque	GEA Grasso	GEA Grasso	GEA Grasso	
Type	A pistons	A vis	A vis	
Modèle	V 1800HS	SP1 VB-1A	SP1 VB-1A	
Régime de service (°C)	-3/+35	-3/+35	-3/+35	
Puissance frigorifique unitaire Qo (kW)	**1 218**	**1 764**	**1 764**	
Puissance absorbée sur l'arbre Qa (kW)	282	371	371	
Refroidissement d'huile (kW)	/	113	113	
Refroidissement de culasses	/	/	/	
Moteur électrique (kW)	480	500	500	
Soupapes de sécurité (bars)	20	20	20	
Equipements annexes (Organes de sécurité)	• Séparateur d'huile, circuit d'huile, filtre à huile, filtre d'aspiration, vannes d'isolement aspiration et refoulement. • **EIPS** : Pressostats de sécurité HP, BP, pressostat différentiel d'huile. Thermostats d'huile et surchauffe. • Protections électriques du moteur du compresseur + Arrêt d'urgence.			

La puissance nominale est assurée par 2 compresseurs. Il y a un compresseur de secours.
Les sélections des compresseurs ont été réalisées avec la marque GEA.

5.4.2.3. Condenseurs à air (adiabatique)

Rôle : Condenser les vapeurs surchauffées d'NH3 refoulées par l'ensemble des compresseurs.

Du fait de sa conception, il n'y a pas de dispersion d'eau dans le flux d'air, ni de refroidissement évaporatif sur la batterie sèche. Cet équipement n'est donc pas concerné par la définition de la rubrique 2921 des ICPE et n'y est pas soumis.

Caractéristiques unitaires :

Condenseur (données unitaire)	**CD01 à CD06**	
Marque	JACIR	Équipements : • Régulation de la pression HP par transmetteur de pression HP (AKS33) avec action sur les motos ventilateurs. • Bassin étanche (rétention en cas de fuite d'ammoniac). • Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse. • Vannes d'isolement E/S
Modèle	ONYX H11 E09 D3	
Régime (T° condensation)	+35°C	
Bulbe humide (Point de basculement) *	+23°C	
Puissance de réjection Qk (kW)	2 295	
Capacité d'ammoniac en fonctionnement normal (kg)	**175**	
PS (tarage soupapes de sécurité en bars)	20	

(*) Le point de basculement du mode sec au mode humide (humidification des médias)

5.4.2.4. Désurchauffeur à plaques – récupération de chaleur ECS

Rôle : Désurchauffer les vapeurs surchauffées d'NH3 refoulées par l'ensemble des compresseurs.

Caractéristiques unitaires :

Désurchauffeur (données unitaire)	**DS01 – DS02**	
Constructeur	ALFA LAVAL	Équipements : • Vannes d'isolement E/S. • Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.
Modèle	T20-BWFS	
Température d'entrée	+86°C	
Température de sortie	+40°C	
Régime d'eau	+33/+62 °C	
Puissance Réjection	820 kW	
Quantité d'ammoniac	**2,4 kg**	
PS (tarage soupapes de sécurité)	20 bars	

5.4.2.5. Condenseur à plaques – récupération de chaleur ECS

Rôle : Condenser les vapeurs surchauffées d'NH3 refoulées par l'ensemble des compresseurs.

Caractéristiques unitaires :

Condenseur (données unitaire)	**CD07**	
Constructeur	ALFA LAVAL	Équipements : • Vannes d'isolement E/S. • Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.
Modèle	T10-EWFTc	
Température d'entrée	+40°C	
Température de sortie	+35°C	
Température de condensation	+35°C	
Régime d'eau	+15/+33°C	
Puissance condensation	775 kW	
Quantité d'ammoniac	**2,3 kg**	
PS (tarage soupapes de sécurité)	20 bars	

5.4.2.6. Condenseur à plaques – MPG chaud (Dégivrage)

Rôle : Condenser les vapeurs surchauffées d'NH3 refoulées par l'ensemble des compresseurs.

Caractéristiques unitaires :

Condenseur (données unitaire)	**CD08**	
Constructeur	ALFA LAVAL	Équipements : • Vannes d'isolement E/S. • Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.
Modèle	MK15-BWFDR	
Température d'entrée	+40°C	
Température de sortie	+35°C	
Température de condensation	+35°C	
Régime d'eau	+20/+30°C	
Puissance condensation	2 757 kW	
Quantité d'ammoniac	**16,3 kg**	
PS (tarage soupapes de sécurité)	20 bars	

5.4.2.7. Séparateur de liquide MP (ou bouteille MP)

Rôle : Assurer le sous-refroidissement du liquide injecté depuis le condenseur, avant d'être injecté dans la bouteille BP, assure également la séparation entre la phase liquide et la phase vapeur de l'ammoniac à l'intérieur de la capacité MP, afin de permettre aux compresseurs de n'aspirer que des vapeurs sèches par la MP.

Caractéristiques	**MP01**	
Diamètre de virole (mm)	1 700	Equipements : • Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité doubles montées sur vanne inverseuse. • Protection contre les coups de liquide des compresseurs par flotteur électrique de sécurité niveau haut. • Vannes d'isolement E/S • Niveau visible. • Régulation de la pression par transmetteur de pression AKS33. • Protection contre les basses pressions par pressostat de sécurité MP (au niveau de chaque compresseurs).
Longueur de virole (mm)	5 100	
Volume à vide (litres)	12 865	
Capacité d'ammoniac en fonctionnement normal (kg)	**145**	
Pression de tarage soupapes (bars)	16	
Pression d'épreuve (bars)	32	

5.4.2.8. Echangeur à plaques – production MPG froid (0/+4°C)

Rôle : Assurer le refroidissement de l'eau glycolée circulant d'un côté des plaques par l'ammoniac s'évaporant par gravité de l'autre côté des plaques.

Caractéristiques unitaires :

Evaporateur (données unitaire)	**FCF01 – FCF03**	
Constructeur	ALFA LAVAL	Équipements : • Vannes d'isolement E/S. • Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.
Type	A plaques	
Modèle	TK20-BWFD	
Température d'évaporation	-3°C	
Régime MPG 35%	0/+4°C	
Puissance frigorifique	1 900 kW	
Quantité d'ammoniac	**152 kg**	
PS design pressure	16 bars	

5.4.2.9. Séparateur de liquide BP (ou bouteille BP)

Rôle : Assurer le refroidissement de l'eau glycolée (production de MEG froid). Cette bouteille assure également la séparation entre la phase liquide et la phase vapeur de l'ammoniac à l'intérieur de la capacité formée par la bouteille BP, afin de permettre aux compresseurs de n'aspirer que des vapeurs sèches par la BP.

Caractéristiques	**BP01**	
Diamètre de virole (mm)	1 500	Equipements : • Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité doubles montées sur vanne inverseuse. • Protection contre les coups de liquide des compresseurs par flotteur électrique de sécurité niveau haut. • Vannes d'isolement E/S • Niveau visible. • Régulation de la pression par transmetteur de pression AKS33. • Protection contre les basses pressions par pressostat de sécurité MP (au niveau de chaque compresseurs).
Longueur de virole (mm)	4 000	
Volume à vide (litres)	7 955	
Capacité d'ammoniac en fonctionnement normal (kg)	**160**	
Pression de tarage soupapes (bars)	16	
Pression d'épreuve (bars)	32	

5.4.2.10. Echangeur à plaques – production MPG froid (-8/-4°C)

Rôle : Assurer le refroidissement de l'eau glycolée circulant d'un côté des plaques par l'ammoniac s'évaporant par gravité de l'autre côté des plaques.

Caractéristiques unitaires :

Evaporateur (données unitaire)	**FCF02 – FCF04**	
Constructeur	ALFA LAVAL	Équipements : • Vannes d'isolement E/S. • Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.
Type	A plaques	
Modèle	TK20-BWFD	
Température d'évaporation	-11°C	
Régime MPG 35%	-8/-4°C	
Puissance frigorifique	1 200 kW	
Quantité d'ammoniac	**133 kg**	
PS design pressure	16 bars	

5.4.2.11. Séparateur de liquide BP (ou bouteille BP) – Cacade NH3/CO2

Rôle : Assurer la condensation du CO2 par échange de chaleur entre les deux fluides. Cette bouteille assure également la séparation entre la phase liquide et la phase vapeur de l'ammoniac à l'intérieur de la capacité formée par la bouteille BP, afin de permettre aux compresseurs de n'aspirer que des vapeurs sèches par la BP.

Caractéristiques	**BP02 à BP06**	
Diamètre de virole (mm)	1 200	Equipements : • Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité doubles montées sur vanne inverseuse. • Protection contre les coups de liquide des compresseurs par flotteur électrique de sécurité niveau haut. • Vannes d'isolement E/S • Niveau visible. • Régulation de la pression par transmetteur de pression AKS33. • Protection contre les basses pressions par pressostat de sécurité MP (au niveau de chaque compresseurs). • Système de détection du CO2 dans le circuit NH3 + vannes de sécurité.
Longueur de virole (mm)	2 400	
Volume à vide (litres)	3 170	
Capacité d'ammoniac en fonctionnement normal (kg)	**190**	
Pression de tarage soupapes (bars)	16	
Pression d'épreuve (bars)	32	

5.4.2.12. Echangeur à plaques – Condensation CO2

Rôle : Assurer le refroidissement de l'eau glycolée circulant d'un côté des plaques par l'ammoniac s'évaporant par gravité de l'autre côté des plaques.

Caractéristiques unitaires :

Evaporateur (données unitaire)	**ECH01 à ECH05**	
Constructeur	ALFA LAVAL	Équipements : • Vannes d'isolement E/S. • Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.
Type	A plaques	
Modèle	TK20-BWFX	
Température d'évaporation de l'ammoniac	-11°C	
Température de condensation du CO2	-7°C	
Puissance frigorifique	1 020 kW	
Quantité d'ammoniac	**113 kg**	
PS design pressure	16 bars	

5.4.2.13. Echangeur multitubulaire – Liquéfacteur ammoniac

Rôle : Assurer la liquéfaction de l'ammoniac dans la calandre par l'évaporation de l'ammoniac dans les tubes. Le liquide ainsi formé retourne dans la bouteille BP par gravité.

Caractéristiques unitaires :

Evaporateur (données unitaire)	**ECH01 à ECH05**	
Constructeur	HA&P GmbH	Équipements : • Vannes d'isolement E/S. • Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.
Type	Multitubulaire	
Modèle	BXM 355	
Température d'évaporation du CO2	-21°C	
Température de condensation du NH3	-11°C	
Puissance frigorifique	661 kW	
Quantité d'ammoniac	**78 kg**	
PS design pressure	16 bars	
Pression d'épreuve (bars)	32 bars	

5.4.2.14. Bouteillon de récupération et de purge d'huile

Ce bouteillon sert à récupérer l'huile entraînée par les compresseurs, les séparateurs d'huile des compresseurs n'étant pas efficaces à 100 % : Il est caractérisé par :

Caractéristiques	**BH01**	
Diamètre de virole (mm)	406	Les bouteille MP et BP sont reliées à un bouteillon de purge d'huile équipé de tous les éléments de sécurité nécessaires : • Protection contre les surpressions par soupape de décharge interne type A2CK. • Voyants permettant un contrôle visuel de l'huile dans le bouteillon. • Vannes d'isolement du bouteillon. • Vanne de purge d'huile à contre poids complétée par une vanne à main.
Longueur de virole (mm)	1 500	
Volume à vide (litres)	205	
Capacité d'ammoniac en fonctionnement normal (kg)	**134**	
PS tarage soupapes de sécurité (bars)	20	

⌦ L'**annexe 1** décrit pour information les différents équipements constitutifs (principes, technologies, sécurités…).

5.5. Autres données de fonctionnement

5.5.1. Rechargement d'ammoniac

Les opérations usuelles d'exploitation des installations (vidange d'huile tous les 15 jours à 1 mois, purge des incondensables[3], nettoyage des filtres à huile des compresseurs…) conduisent à des opérations de rechargement d'ammoniac sur les installations.

Le taux de rechargement constaté sera noté dans le registre de mouvement des fluides et contrôlé lors de l'audit réglementaire annuel suivant l'arrêté du 16 juillet 1997.

5.5.2. Débits d'ammoniac dans les circuits

Le débit dans la partie HP du système est déterminé par la somme du débit des compresseurs par système. Le débit de la partie BP est déterminé par la puissance frigorifique de cet étage (Débit du thermosiphon dans le cas d'un échangeur à plaques).

	Unités	**Système NH3**	
Débit masse HP	Kg/s	11,51	
Débit masse MP	Kg/s	3,234	
Débit masse BP	Kg/s	5,821	

⌦ L'**annexe 10** donne les informations détaillées pour les calculs des débits masse et répartition de charge du système.

5.6. Listes des bonnes pratiques et des mesures de sécurité en prévention

⌦ L'**annexe 6** précise pour chacune des mesures indiquées dans ce paragraphe les exigences réglementaires (textes et articles associés) et les mesures indicatives ou obligatoires issues des normes. Il est rappelé que la norme NF EN 378 n'est pas obligatoire dans sa totalité. L'arrêté du 16 juillet 1997 demande que la salle des machines soit conforme aux normes en vigueur (article 3) et que le seuil de déclenchement de la détection ammoniac soit conforme aux normes en vigueur (article 42).

5.6.1. Bonnes pratiques de prévention

Des bonnes pratiques seront mises en œuvre sur le site qui agiront en prévention des accidents :

- Formation des responsables et intervenants :
  - ✓ Exploitation sous la responsabilité d'une personne nommément désignée ;
  - ✓ Intervention sur les appareils à pression par des personnes formées ;
  - ✓ Formation au risque ammoniac de toutes les personnes intervenant sur les installations ;
  - ✓ Sensibilisation de tout le personnel de l'entreprise et des sous-traitants sur les risques de l'ammoniac ;
  - ✓ Exercices réguliers d'intervention et de conduite en marche dégradée.

- Connaissance de la quantité d'ammoniac dans l'installation (circuit ou en réserve) : un registre à jour sera créé, précisant les mouvements d'ammoniac.

- Existence de procédures et consignes opératoires (*mesure O*) :
  - ✓ Procédures de conduite de l'installation incluant les phases spécifiques (purges d'huile, vidange ou remplissage de l'installation…) ;
  - ✓ Procédures sur les contrôles à effectuer au cours des différentes phases (marche normale, mise à l'arrêt, remise en service après arrêt…) incluant les contrôles des dispositifs de sécurité ;
  - ✓ Procédures de travaux par point chaud ;
  - ✓ Procédures de contrôle des installations électriques ;

- Vérifications réglementaires par une personne compétente (*mesure R*) et faisant l'objet d'un compte-rendu ; ces vérifications seront réalisées au moins une fois par an (inspection annuelle), avant la première mise en service ou à la suite d'un arrêt prolongé (vérification). En particulier, l'état des tuyauteries fait l'objet de contrôles réguliers, tracés avec une attention particulière sur les points singuliers (piquages secondaires, manchons, coudes, passages dans les murs). Le calorifuge doit également être contrôlé (aspect, pose…). L'étanchéité des réservoirs est également contrôlée.

5.6.2. Mesures de sécurité en prévention

Des mesures de sécurité seront mises en œuvre agissant en prévention ou limitation des effets d'un accident :

- Limitation de la montée en pression *(mesure P) :*
  - ✓ Prévention des montées en pression :
    - L'installation est conçue pour limiter les montées en pression, notamment par l'éloignement avec de potentielles sources chaudes ;
    - Montée en température en sortie de compresseur : pour mémoire, le compresseur est équipé de systèmes de régulation et de contrôle qui évitent une température excessive au refoulement du compresseur mais il ne s'agit pas de mesures de sécurité.
  - ✓ Pressostat à l'aval du(des) compresseur(s) ;
  - ✓ Soupapes de sécurité équipant les capacités et toute partie d'installation contenant de l'ammoniac liquide pouvant être isolée en phase normale.
- Prévention des effets des vibrations (*mesure V*) : les compresseurs volumétriques présents dans l'installation sont susceptibles d'engendrer des vibrations pouvant conduire à des fuites en cas de vibrations excessives. Une analyse vibratoire sera réalisée à la mise en service pour établir le spectre vibratoire de chaque compresseur et pourra ainsi servir de référence pour de futurs contrôle.
- Prévention des coups de liquide (ou coups de bélier) *(mesure L)* au niveau des tuyauteries et en amont des compresseurs (indicateur de niveau sur les ballons BP et MP et dispositif anti-coup de liquide est également requis en amont des compresseurs). Le réseau de tuyauterie devra être conçu pour éviter les coups de bélier, un contrôle devra être réalisé pour contrôler qu'il n'y aura pas de piège à liquide lors de la conception.
- Prévention des chocs et bris mécaniques (*mesure B*) : les tuyauteries ou les organes sensibles (vannes de purges, fûts de transvasement…) sont protégés des chocs par gardes métalliques ou murs de rétention, ou par une installation en hauteur et des bris mécaniques par des supports rapprochés et résistants.
- Prévention de la corrosion (*mesure C*) : Les tuyauteries sont conçues avec les matériaux et revêtements adaptés en respectant les réglementations (équipements sous pression, compresseurs…). Des vérifications réglementaires doivent aussi avoir lieu régulièrement. Dans le cas de l'utilisation d'acier carbone, il sera mis en place de la bande grasse sur les tuyauteries avant isolation. La bande grasse sur les séparateurs de liquide est aussi une bonne pratique.

- Prévention des fuites sur des organes ou des tuyauteries (*mesure F*) :
  - ✓ Obturation des sorties directes de vannes à l'atmosphère, les points de purges seront obturés par des bouchons adaptés. L'expérience montre que l'utilisation de bouchon inox est recommandée, recouvert de bande grasse pour les parties soumises au gel ou à la condensation ;
  - ✓ Systèmes pour faire face aux dilatations et contractions des tuyauteries ;
  - ✓ Protection des flexibles contre les dommages mécaniques, les contraintes excessives par torsion ou par d'autres forces et contrôles réguliers (inspection visuelle), on notera que le site ne possède pas de flexible, et que les interventions avec flexibles le seront avec une société avec toutes les certifications nécessaires.
  - ✓ Surveillance de la pompe BP vis-à-vis des risques de cavitation et de fonctionnement à vide.

- Prévention de l'échauffement du moteur (*mesure E*) : pour mémoire, l'installation sera équipée de systèmes de conduite et de commande en prévention de l'échauffement du moteur mais il ne s'agit pas de mesures de sécurité.

- Prévention des erreurs sur intervention (*mesure H*) (opérations de purges, transvasement…) :
  - ✓ Consignes d'intervention écrites ;
  - ✓ Formation du personnel intervenant ;
  - ✓ Repérage adaptée des équipements (tuyauteries et vannes) ;
  - ✓ Pour les purges d'huile :
    - Existence de deux vannes dont une à contrepoids ou une seule vanne cumulant les deux fonctions d'arrêt automatique et d'arrêt manuel
    - Consignes s'appuyant sur les instructions du fabricant
  - ✓ Pour les transvasements (remplissage ou vidange d'installation) :
    - Consignes d'intervention écrites ;
    - Utilisation de flexibles contrôlés régulièrement, stockés de manière à prévenir leur détérioration et ré-éprouvés ou changés régulièrement ;
    - Clapet anti-retour côté installation évitant le retour d'ammoniac depuis l'installation ;
    - Utilisation de fûts adaptés, répondant à la réglementation des équipements sous pression ;
    - Entreposage des bouteilles ou fûts dans des zones protégés sous rétention lors de la mise en service ou lors d'intervention, en temps normal le site ne stocke pas de bouteilles ni de containers sur place ;

- Prévention de la dépression (*mesure D*) : pour mémoire, l'installation est équipée de systèmes de conduite et de commande en prévention de la dépression mais il ne s'agit pas de mesures de sécurité.

- Prévention des effets des incendies (*mesure I*) :
  - ✓ Prévention des propagations d'incendie par des locaux en matériaux adaptés et avec des contraintes d'étanchéité sur les portes et passages de gaines et tuyauteries ;
  - ✓ Prévention des départs de feu dans la salle des machines par des mesures telles que permis de feu, interdiction de fumer…. Les locaux seront aussi régulièrement nettoyés et le stockage de matières inflammables autres que celles utiles à l'installation (huile en quantité aussi réduite que possible) n'est pas autorisé dans la salle des machines ;
  - ✓ Limitation des effets d'un incendie :
    - Détection : les installations (salle des machines, utilisateurs) seront équipées de détecteurs incendie. En cas de déclenchement, une alarme sonore et lumineuse est actionnée pour intervention éventuelle ;
    - Moyens de lutte contre l'incendie : des dispositifs d'extinction manuels sont installés ;
    - Intervention : un dispositif d'évacuation des fumées (extracteur ATEX 400°C) à commandes manuelle sera installés en partie haute de la salle des machines, avec des commandes manuelles situées à l'extérieur de la salle des machines, près des accès.
    - L'extraction NH3 est prioritaire sur l'extraction désenfumage. En cas de 2ème seuil NH3, l'extracteur désenfumage est coupé.

  L'ensemble de ces mesures font l'objet de vérifications périodiques (entretiens et tests par un technicien qualifié).

5.6.3. Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la fuite toxique

⌦ L'**annexe 6** précise pour chacune des fonctions indiquées dans ce paragraphe les exigences réglementaires (textes et articles associés) et les mesures indicatives ou obligatoires issues des normes.

Les fonctions de sécurité suivantes seront mises en œuvre sur l'installation :

- **Réduction du temps de fuite :** la barrière est constituée des éléments suivants :
  - ✓ Détection de fuite :
    - Détection gaz essentiellement (du fait de l'absence de personnel dans la salle des machines en marche normale) ;
    - Détection gaz dans les condenseurs adiabatique à l'extérieur (En cas de fonctionnement en mode sec on doit pouvoir détecter une fuite autrement que par le pH des rejets d'eau) ;
    - Détection humaine mais avec un temps de réponse plus important qui dépend de différents facteurs (taux de présence des personnes, mode de surveillance de la salle des machines ou des autres parties d'installations…) ; l'action sur des boutons d'arrêt d'urgence (BAU) permet de déclencher les actions de sécurité.
  - ✓ Action :
    - Arrêt des installations qui se traduit par l'arrêt du compresseur et par l'arrêt de la pompe BP, sauf si la fuite se produit sur le circuit BP, hors de la salle des machines, auquel cas le compresseur est maintenu en service pour éviter une montée en pression et s'arrêtera automatiquement sur son point de consigne ;
    - La détection à l'intérieur de condenseur aura pour action d'enclencher une rampe de pulvérisation interne qui aura pour objectif un abattement (réduction des émissions d'ammoniac) ;

- **Protection et mise à l'abri des personnes :** la barrière est constituée par la détection de fuite (cf. ci-dessus) et l'action nécessite le lancement, par une personne responsable, du plan d'urgence avec protection des personnes. Cette barrière n'est pas retenue dans le cadre de l'étude de dangers car elle fait intervenir des moyens externes à la société pour la protection des personnes à l'extérieur du site.

⌦ L'**annexe 14** précise l'implantation et le nombre des détecteurs gazeux suivant l'étude préalable d'implantation des capteurs.

- **Réduction des effets par mise en route de l'extraction :** la barrière est constituée des éléments suivants :
  - ✓ Détection de fuite : comme précédemment ;
  - ✓ Action : mise en route de l'extraction d'urgence qui se fait :
    - Automatiquement sur détection gaz ;
    - Manuellement par action sur un bouton (indépendant de celui arrêtant les installations).
  - ✓ **Nombre et débit des extracteurs d'air ammoniaqué.**

Désignation (Zone couverte par l'extracteur)	Débit	Hauteur de rejet
	m^3/h	m
Salle des machines (Compresseurs et bouteilles MP et BP)		
SDM + confinement condenseurs	14 000	15

Débit d'extraction minimum (obligatoire) est calculé à partir de la relation de la NF EN 378/3 qui est : $V = 14 \times M^{2/3}$

Avec V en l / s et M la masse NH3 du plus grand circuit de la SDM, bouteille BP

Ce débit minimum horaire (en m3/h) doit également être supérieur à 4 fois le volume de la SDM.

Ce débit minimum horaire (en m3/h) n'est pas limité en débit maximal il est ajusté en fonction de l'étude des scénarii, du refroidissement de la SDM du respect du débit d'extraction qui doit être inférieur à 15 fois le volume de la SDM. Ce qui est respecté.

5.6.4. Mesures de protection / limitation vis-à-vis de l'explosion

⌦ L'**annexe 6** précise pour chacune des fonctions indiquées dans ce paragraphe les exigences réglementaires (textes et articles associés) et les mesures indicatives ou obligatoires issues des normes.

La prévention de l'inflammation d'un nuage d'ammoniac sera assurée par :

- Prévention des inflammations : des mesures sont prises pour prévenir les sources d'inflammation (permis de feu, interdiction de fumer…).
- La conception adaptée des installations électriques et leur contrôle régulier par des personnes compétentes ;
- La définition des zones ATEX : les mesures prises sur la salle des machines (détection, ventilation, arrêt des alimentations électriques…) permettent de ne pas classer la salle des machines en zone à risque ATEX
- L'arrêt des installations électriques en cas de fuite d'ammoniac dans un local ; l'arrêt de toutes les alimentations électriques est assuré, sauf celles alimentant les sécurités évitant la persistance de l'ATEX (ventilations, détections gaz). Les autres sécurités potentielles (isolement éventuel, sécurités de niveau sur les capacités, sécurités de pression haute sur les compresseurs…) doivent être de conception à sécurité positive et mettre ainsi le système en position de sécurité.
- Exigences ATEX sur l'extracteur d'urgence : le moteur sera de conception ATEX. Le ventilateur évite également la formation d'étincelles.

5.6.5. Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la pollution

⌦ L'**annexe 6** précise pour chacune des fonctions indiquées dans ce paragraphe les exigences réglementaires (textes et articles associés) et les mesures indicatives ou obligatoires issues des normes.

La salle des machines est conçue pour faire office de rétention. Ainsi, le seuil de la salle des machines est surélevé pour que le sol fasse office de rétention.

La rétention est correctement dimensionnée (vis-à-vis des capacités et résistance aux substances pouvant se déverser…).

Les matières incompatibles ne sont pas stockées dans une même rétention.

5.6.6. Système de régulation et de contrôle

Les installations de réfrigération à l'ammoniac comportent également des systèmes de régulation et de contrôle qui ne sont pas considérés comme des mesures de maîtrise des risques.

- Prévention des coups de liquide : niveau haut sur bouteille BP ou MP ;
- Prévention des dépressions sur bouteilles BP et MP ;
  - ✓ Transmetteur de pression / Pressostat (pression basse) sur bouteille BP ou MP ;
  - ✓ Transmetteur de pression / Pressostat (pression basse) sur compresseur ;
  - ✓ Les transmetteurs de pression associé à un automate programmable auront pour fonction dans un premier temps d'interdire la montée en puissance, et dans un second temps un forçage de réduction de puissance (on appelle cela faire de la limitation, activé par une pré-alarme).
- Prévention de l'échauffement excessif du moteur :
  - ✓ Relais thermique : Il a pour rôle d'arrêter le compresseur en cas de surintensité du moteur électrique (réglage suivant puissance pour compresseur BP et réglage d'aspiration pour compresseur HP) ;
  - ✓ Thermostat d'huile : il a pour rôle d'interdire le démarrage du compresseur si la température d'huile est insuffisante pour assurer une bonne lubrification ;
  - ✓ Pressostat différentiel d'huile : le pressostat arrête le compresseur en cas d'écart de pression faible entre la pression d'aspiration d'huile et la pression au refoulement ;
- Prévention excès de température au refoulement du compresseur : Transmetteur de température / thermostat de refoulement : il a pour rôle d'arrêter le compresseur en cas de température au refoulement trop élevée ; Une pré-alarme aura pour fonction dans un premier temps d'interdire la montée en puissance, et dans un second temps un forçage de réduction de puissance.
- Prévention de la cavitation de la pompe : pressostat de pompe BP : Il a pour rôle d'éviter la cavitation de la pompe ; il arrête la pompe si la pression différentielle entre le refoulement et l'aspiration est trop faible.

Tous ces organes sont régulièrement contrôlés pour en vérifier le bon fonctionnement.

5.6.7. Tableau de synthèse des mesures de prévention

Le tableau ci-dessous récapitule les mesures (bonnes pratiques et mesures de sécurité) en prévention identifiées précédemment.

Ces mesures sont reprises ensuite dans les tableaux d'analyse de risques (cf. § 7.2.1.2).

⌦ Il est rappelé que **l'annexe 6** précise pour chacune des mesures indiquées les exigences réglementaires (textes et articles associés) et les mesures indicatives ou obligatoires issues des normes. Il est rappelé que la **norme NF EN 378** n'est pas obligatoire dans sa totalité. **L'arrêté du 16 juillet 1997 demande que la salle des machines soit conforme aux normes en vigueur (article 3) et que le seuil de déclenchement de la détection ammoniac soit conforme aux normes en vigueur (article 42).**

Numérotation des mesures	Intitulé général des bonnes pratiques et des mesures de sécurité en prévention
O	Procédures de conduite et d'exploitation de l'installation
R	Vérifications réglementaires
P	Limitation de la montée en pression
V	Prévention des effets des vibrations
L	Préventions des coups de liquide
B	Prévention des chocs et bris mécaniques
C	Prévention de la corrosion
F	Prévention des fuites sur les organes ou tuyauteries
E	Prévention de l'échauffement excessif du moteur
H	Prévention des erreurs sur interventions
D	Prévention de la dépression
I	Prévention des effets des incendies
T	Prévention vis-à-vis de la fuite toxique
X	Prévention vis-à-vis de l'explosion
P	Prévention vis-à-vis de la pollution
N	Prévention des effets des causes naturelles
A	Prévention des effets des causes externes non naturelles

Tableau 1 : *Liste des bonnes pratiques et mesures de sécurité identifiées dans l'APR et les nœuds-papillons*

Note : Les mesures N et A relatives aux causes externes sont traitées dans les chapitres 8.1.

MO	Annexe 6	Mesures opérationnelles et de suivis des installations de réfrigération
O1	3.1	Formation et exercices des intervenants
O2	3.2	Registre des mouvements de fluides
O3	3.3	Procédure de conduite et d'exploitation
O4	3.3	Procédure pour intervention par point chaud - Permis de feu
O5	3.3	Maîtrise des dysfonctionnements des installations électriques - contrôle Q18 et Q19

MR	Annexe 6	Mesures réglementaires liées à l'utilisation de l'ammoniac dans les installations de réfrigération
R1	1	Respecter l'arrêté du 16 juillet 1997
R2	1	Respecter la norme EN 378, et le chapitre 5 de la EN 378-3 rendu obligatoire par l'arrêté du 16 juillet 1997
R3	1	Respecter la réglementation des ESP (Equipements sous pression)
R4	3.4	Vérification réglementaire annuelle suivant arrêté du 16 juillet 1997
R5	3.4	Vérification réglementaire **avant** la première mise en service
R6	3.4	Contrôle périodique des tuyauteries

MP	Annexe 6	Mesures pour limitation de la surpression
P1	3.5	Respecter un design correct des condenseurs et évaporateurs afin de prévenir les montées en pression qui serait liée à la présence d'une source chaude
P2	3.5.2	Pressostat de sécurité haute pression
P3	3.5.3	Soupapes de sécurité sur les ESP
P4	3.5.3	Collecteur soupapes (revoir la position du rejet, il doit se faire sans entrainer des conséquences notables sur l'environnement et les personnes).
P5	3.5.3	Indication de l'ouverture des soupapes

MV	Annexe 6	Mesures de prévention des effets des vibrations
V1	3.6	Analyse vibratoire à réaliser à la mise en service
V2	3.6	Mesure vibratoire tous les trois ans en comparaison avec l'origine

ML	Annexe 6	Mesures de prévention des coups de liquide
L1	3.7	Prévention des coups de liquide en amont des compresseurs
L2	3.7	Prévention des coups de liquide au niveau des tuyauteries - design
L3	3.7	Dégivrage avec phase de vidange avant l'introduction des gaz chaud

MB	Annexe 6	Mesure de prévention des chocs et bris mécaniques
B	3.8	Prévention des chocs et bris mécaniques

MC	Annexe 6	Mesures de prévention de la corrosion
C1	3.9	Utilisation de la bande grasse sur les tuyauteries en acier carbone
C2	3.9	Utilisation de la bande grasse sur les séparateurs de liquides
C3	3.9	Utilisation de bouteillon d'huile en matière inox

MF	Annexe 6	Mesures de prévention des fuites sur organes ou tuyauteries
F1	3.10	Traitement anti-corrosion des organes reliés directement à l'atmosphère
F2	3.10	Prévention des phénomènes de dilatations sur les tuyauteries de grande longueur
F3	3.10	Utilisation de flexibles avec certificat de test de pression (vérification des intervenants)
F4	3.10	Pressostat différentiel sur les pompes ammoniac

MH	Annexe 6	Mesures de prévention des erreurs sur intervention
H1	3.12.1	Repérage des vannes et tuyauteries de l'installation
H2	3.12.1	Plan d'intervention avec procédure associée – Mettre en place des procédures de consignations (notamment pour les zones désaffectées).
H3	3.12.2	Utilisation de vanne à contre poids pour tous les points de purges
H4	3.12.3	Certificat de test de pression pour les flexibles de charge.
H5	3.12.3	Le point de charge de l'installation sera muni d'un clapet anti-retour.
H6	3.12.3	Procédure de charge d'ammoniac avec analyse des risques.

MI	Annexe 6	Mesures de prévention des effets des incendies
I1	3.14	Construction des locaux techniques en "dur" avec mur coupe-feu
I2	3.14	Utilisation de porte coupe-feu, avec barre anti-panic et avec fermeture automatique
I3	3.14	La salle des machines ne sera pas utilisée comme lieu de stockage de matières inflammables
I4	3.14	Détection incendie et alarmes en SDM
I5	3.14	Détection incendie et alarmes en galeries
I6	3.14	Mise en place de système adéquat de lutte contre l'incendie
I7	3.14	Système de désenfumage (extracteur ATEX 400°C) à commande manuelle en SDM (différent de celui de la sécurité NH3)

MT	Annexe 6	Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la fuite toxique
T1	4.1	Utilisation d'un système de détection de fuite
T2	4.2	Etude préalable de l'implantation des détecteurs (voir annexe 14).
T3	4.2	Arrêt impératif des pompes ammoniac en cas de fuite ammoniac en galeries techniques et utilisation d'un pressostat sur le départ liquide de la SDM (Annexe A EN 378 pour charge d'ammoniac > 3 000 kg) + vannes de sécurité à l'aspiration des pompes NH3 de la bouteille BP et le départ gaz chaud
T4	4.3	Système d'arrêt automatique de la SDM au 2ème seuil de détection
T5	4.4.1	Actions d'alarmes associées aux détecteurs
T6	4.4.1	Système de surveillance de l'installation avec renvoi d'alarme à distance
T7	4.4.1	Consignes d'intervention en cas d'accident
T8	4.4.2	Arrêt d'urgence intérieur et extérieur SDM
T9	4.4.3	Equipements de protection individuels (EPI) pour le personnel
T10	4.4.4	Utilisation d'une manche à air extérieur visible de jour comme de nuit
T11	4.4.5	Utilisation d'un extracteur ATEX en SDM et en galeries
T12	4.4.5	Ventelles dynamiques sur les entrées d'air de la SDM
T13	4.4.5	Cheminée d'extraction avec hauteur de point de rejet
T14	4.4.5	Commande de l'extraction d'ammoniac
T15	4.4.5	Alimentation électrique du système de détection indépendante des autres utilisateurs
T16	4.5	Protection mécanique - Edicule condenseur

MX	Annexe 6	Mesures de protection / Limitation vis-à vis de l'explosion
X1	5	Les mesures prises sur la SDM (détection, ventilation, arrêt des installations électriques répondent à la prévention du risque d'explosion
X2	5	Installation d'un capteur d'ammoniac 0/100% LIE avec signalisation (visuel et sonore) différente du 1er et 2ème seuils

MP	Annexe 6	Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la pollution
P1	6	Rétention générale de la SDM
P2	6	Rétention des stations de vannes en galeries
P3	6	Vanne motorisée sur les rejets commandé par la détection ammoniac – cuve de 5 m^3 en cas de détection dans les eaux de rejets (Eaux de dégivrage + cuvettes stations de vannes)
P4	6	Dissociation eaux procédés et eaux pluviales

5.7. Les locaux et zones d'implantation

Ce chapitre présente les caractéristiques des locaux et zones d'implantation.

5.7.1. Salle des machines

La salle des machines répond aux exigences de conception définies dans les normes relatives aux systèmes de réfrigération et pompes à chaleur (chapitre 5 de la norme NF EN 378-3).

Les dimensions de la salle des machines sont :

	Dimensions SDM
Surface	*872 (m^2)*
Hauteur	*9,0 (m)*
Volume	*7 848 (m^3)*

***Tableau 2** : Dimensions de la salle des machines*

La salle des machines est équipée d'une détection gaz, d'une ventilation mécanique d'urgence (extraction forcée) rejetant en hauteur via une conduite d'extraction.

La salle des machines sera conforme à l'arrêté du 16 juillet 1997 et au chapitre 5 de la norme NF EN 378-3 et répondent notamment aux exigences de conception pour le caractère coupe-feu des parois. Les prescriptions sont reprises dans l'annexe 6 sur les bonnes pratiques et les mesures de sécurité. Une ventilation de base (ventilation normale) permet d'assurer l'évacuation des déperditions thermiques émises par les installations.

Les caractéristiques sont les suivantes :

Désignation (Zone couverte par l'extracteur)	Débit	Hauteur de rejet
	m^3/h	*m*
Salle des machines (Compresseurs et bouteilles MP et BP)		
SDM + confinement condenseurs	14 000	15

***Tableau 3** : Caractéristiques de la ventilation SDM*

5.7.2. Plateforme de condensation

Les condenseurs sont implantés à l'extérieur de la salle des machines en terrasse, ce qui les mets à l'abri des chocs éventuels. De plus il sera réalisé un édicule entre les condenseurs servant de barrière passive.

La localisation par rapport à la salle des machines permet de minimiser les longueurs de tuyauteries. Et les régulateurs à flotteurs seront positionnés en sortie de condenseur dans l'édicule, ce qui réduit considérablement les longueurs et donc volume du liquide haute pression, et donc réduction des risques liés à cette partie du circuit.

6. Potentiels de dangers

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel. Le danger peut être lié aux caractéristiques des substances, aux conditions de fonctionnement, etc…

6.1. Potentiels de dangers liés aux produits

6.1.1. Les risques liés à l'ammoniac

L'ammoniac est l'un des principaux fluides frigorigènes industriels.

Il est classé comme gaz toxique et inflammable. Il est très corrosif pour la peau, les muqueuses et les yeux. Au contact de la peau, l'ammoniac liquéfié provoque des gelures.

Il est classé aussi en dangereux pour l'environnement.

⌦ L'**annexe 2** apporte des compléments sur les propriétés de l'ammoniac.

6.1.1.1. Propriétés

L'ammoniac présente les caractéristiques suivantes :

Non	**Ammoniac anhydre**
Formule chimique	NH_3
Masse molaire	17.03 g
Point de fusion	-77.7 °C
Point d'ébullition	-33.4 °C à 1.013 bar
Masse volumique en phase gazeuse	0.772 kg/m³ à 0 °C 0.610 kg/m³ à 20 °C
Masse volumique en phase liquide	634 kg/m³ à 0 °C 607 kg/m³ à 20 °C
Classification ATEX	
Groupe de gaz	IIA
Classement température	T1

***Tableau 5** : Généralités sur l'ammoniac*

Dans les conditions normales de température et de pression (c'est-à-dire à 25°C et à 1,013 bar), l'ammoniac se trouve à l'état gazeux. Il est incolore, plus léger que l'air et son odeur est vive.

6.1.1.2. Toxicité aiguë

La fiche de toxicité aiguë de l'INERIS (cf. annexe 2) fournit les valeurs suivantes (cf. Tableau 5) :

		Temps (*min*)					
		1	**3**	**10**	**20**	**30**	**60**
Seuil des effets létaux significatifs (SELS)	*mg/m³*	19623	ND	61183	4387	3593	2543
	ppm	28033	ND	8833	6267	5133	3633
Seuil des premiers effets létaux (SEL)	*mg/m³*	17710	10290	5740	4083	3337	2380
	ppm	25300	14700	8200	5833	4767	3400
Seuil des effets irréversibles (SEI)	*mg/m³*	1050	700	606	428	350	248
	ppm	1500	1000	866	612	500	354
Seuil des effets réversibles (SER)	*mg/m³*	196	140	105	84	77	56
	ppm	280	200	150	120	110	80
Seuil olfactif	*ppm*			5			

***Tableau 6** : Seuils de toxicité aiguë pour l'ammoniac*

6.1.1.3. Inflammabilité

L'ammoniac est classé inflammable. Cependant l'allumage de mélange ammoniac – air est difficile mais, s'il se produit dans un espace confiné, il peut entrainer une explosion.

Les limites d'explosivité généralement admises pour l'ammoniac sont :

- Limite inférieure d'explosivité (ou LIE) égale à 16% v/v ;
- Limite supérieure d'explosivité (ou LSE) à 25% v/v[4].

Toutefois, une étude indique que la LIE peut être réduite de 4% v/v pour un aérosol d'huile et d'ammoniac comme, par exemple, dans le cas d'une fuite simultanée de lubrifiant.

La température d'auto-inflammation est de 650°C.

L'énergie minimale d'inflammation peut varier de quelques dizaines à plusieurs centaines de mJ.

[4] *Fiche toxicologique n°16 de l'INRS*

6.1.1.4. Dangers pour l'environnement

L'ammoniac est dangereux pour l'environnement. Il est très toxique pour les organismes aquatiques.

6.1.1.5. Réactions dangereuses et précaution d'emploi

L'ammoniac réagit violemment avec certains halogènes, certains acides, certains métaux lourds et avec de nombreux oxydes et peroxydes.

En présence d'humidité, l'ammoniac attaque rapidement certains métaux (cuivre et zinc notamment). Les équipements contenant de l'ammoniac sont construits en acier carbone, non sujet à la corrosion par l'ammoniac.

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

6.1.2. Autres produits

Il n'y aura pas d'autres produits entreposés dans la salle des machines.

6.2. Potentiels de dangers liés au procédé

L'identification des dangers liés aux procédés tient compte :

- Des différentes catégories de dangers présentés par les produits présents,
- Des différents équipements et machines et de leurs dangers associés (pièces tournantes, huile sous pression, etc.),
- Des conditions opératoires d'utilisation et de mise en œuvre,
- Des conditions de fonctionnement.

Le tableau suivant présente une identification des dangers liés aux procédés obtenus sur la base d'un travail préalable aux analyses de risques. Les événements redoutés sont bien évidemment les pertes de confinement de l'ammoniac.

Equipement	Conditions opératoires	Evènement redouté
Réservoirs, capacités	Phases de stockage, de transfert, de remplissage	Fuite du produit (petite ou massive)
Echangeurs	Phase de fonctionnement	Risque de fuite (petite ou massive)
Tuyauteries	Phase de fonctionnement	Risque de fuite (petite ou massive
Compresseurs	Phase de fonctionnement	Risque d'éclatement et fuite

6.3. Cartographie des potentiels de dangers

6.3.1. Cartographie des zones

⌦ L'**annexe 8** Caractérisation de l'intensité - Résultats scénarii PHAST 8.22.

⌦ L'**annexe 12** apporte des détails sur le principe de ventilation de la SDM.

⌦ L'**annexe 13** apporte une carte localisant les potentiels de dangers (utilisateurs, salle des machines, points de rejet, cheminement des tuyauteries vers les utilisateurs…).

6.3.2. Profil altimétrique

Les résultats sont vérifiés avec le profil altimétrique, notamment au sud-ouest du site avec un dénivelé positif. ⌦ L'**annexe 13** apporte les détails illustrés sur les profils altimétriques.

6.4. Justification des potentiels de dangers

Ce chapitre explique les choix qui ont été effectués au cours de la conception du projet pour réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

Les stations de vannes et collecteurs de tuyauteries seront en toiture, (aucuns éléments en extérieur), toutes les vannes seront dans des locaux fermés. Les box stations de vannes seront équipés de ventilateurs d'extraction forcée reliés à un système de détection ammoniac.

La conception respectera les bonnes pratiques tel que respecter une pente vers la SDM pour le collecteur retour pour éviter l'accumulation de liquide dans les tuyauteries.

Les régulateurs à flotteurs seront directement en sortie de condenseurs, ainsi on réduit au minimum la longueur de la tuyauterie liquide haute pression, et ainsi réduire au minimum le risque de fuite sur cette partie.

L'installation sera équipée d'un arrêt impératif des pompes SDM pour arrêter l'envoie d'ammoniac sur les utilisateurs en cas de fuite d'ammoniac.

⌦ L'**annexe 10** apporte les justificatifs sur la quantité d'ammoniac utilisée.

⌦ L'**annexe 3** apporte des pistes de réduction du risque qui peuvent guider l'exploitant dans sa volonté de réduction du risque ou guider l'inspecteur dans l'analyse des mesures identifiées par l'exploitant.

7. Retour d'expérience

Ce chapitre présente une synthèse de l'accidentologie. Cette synthèse alimente notamment l'analyse des risques.

Ce chapitre est organisé en deux parties :

- Analyse générale des accidents en France et à l'étranger ;
- Analyse de l'installation.

7.1. Analyse générale de l'accidentologie

L'analyse de l'accidentologie a été effectuée sur la base ARIA en ciblant la recherche sur les années 1997 à 2013. La recherche a été faite en France et à l'étranger en ciblant les seules installations de réfrigération à l'ammoniac.

Il ressort de l'accidentologie que des rejets d'ammoniac sont possibles conduisant essentiellement à des rejets toxiques (gazeux et liquides). Les rejets ont conduit dans quelques cas à des morts (employés de l'installation de réfrigération).

De manière exceptionnelle, l'explosion suite à une fuite d'ammoniac a été relevée.

Des incendies sont notés affectant souvent des stockages connexes (partie entrepôts) sans lien direct avec les installations de réfrigération, sauf pour quelques incendies en salle des machines.

L'analyse de l'accidentologie conduit à retenir les scenarios suivants dans l'analyse préliminaire des risques :

- Perte de confinement sur les réservoirs et les équipements (condenseurs, évaporateurs…) ;
- Perte de confinement sur les tuyauteries (rupture guillotine ou fuite) ; les équipements peuvent être dans la salle des machines ou à l'extérieur de la salle des machines (liaisons vers les utilisateurs) ;
- Rupture de bouteilles d'ammoniac ou de fûts ;
- Fuite au niveau de flexible de raccordement en phase d'appoint ;
- Fuite par les soupapes ;
- Fuite au niveau des purges ;
- Explosion dans un local confiné (salle des machines, galeries, utilisateurs…).

Note : L'incendie dans la salle des machines ou à l'extérieur de la salle des machines est à retenir comme un évènement initiateur possible.

8. Analyses préliminaires des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets.

Il existe deux types de causes qui sont étudiées successivement dans la présente étude :

- Les causes externes (naturelles ou liées à l'activité humaine) ;
- Les causes internes liées au procédé.

8.1. Causes externes

8.1.1. Causes exclues de l'étude de dangers

Les événements initiateurs (ou agressions externes) suivants sont exclus de l'analyse des risques :

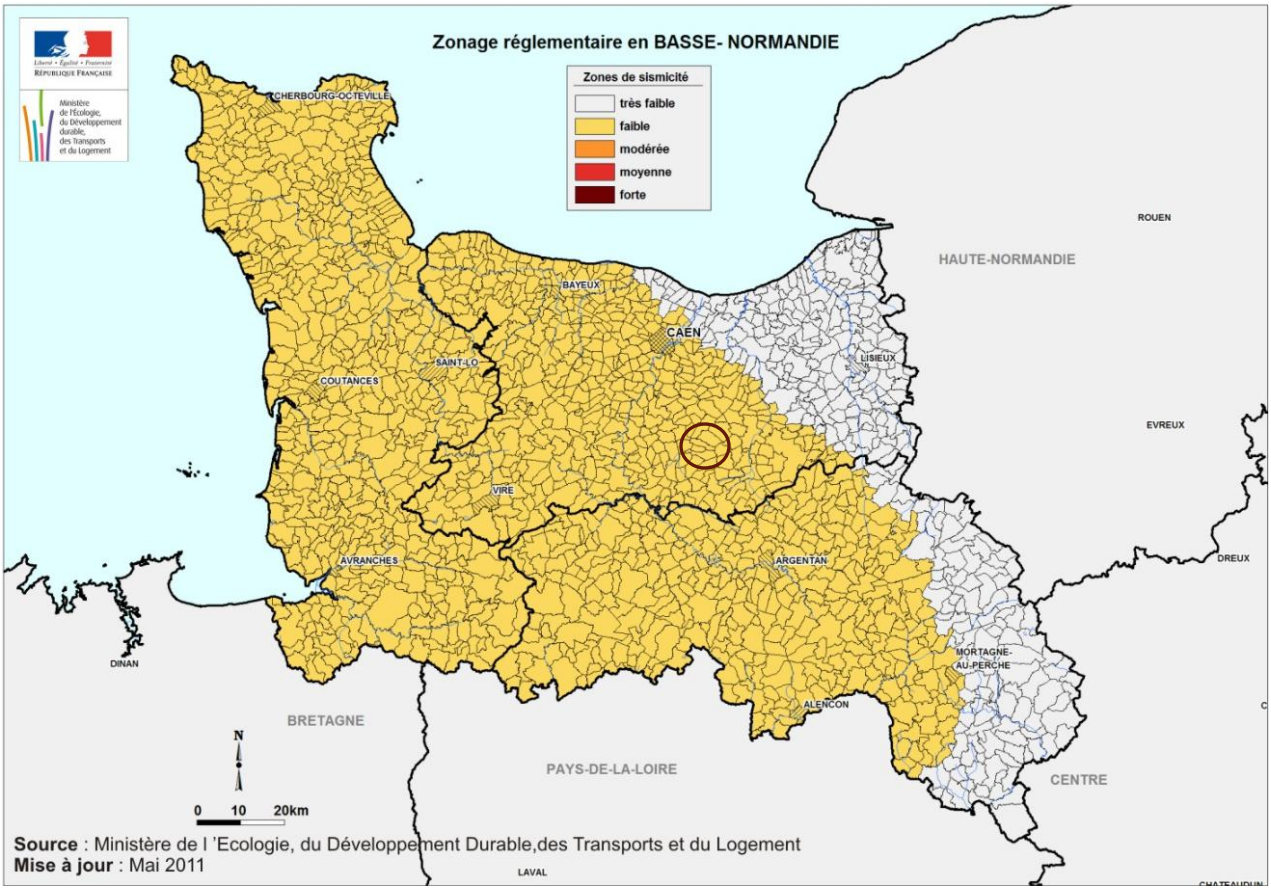
- Chute de météorite ;
- Séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées ;
- Crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur ;
- Événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur ;
- Chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes) ;
- Rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R.214-112 du Code de l'environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214- 113 du même code ;
- Actes de malveillance.

8.1.2. Causes génériques d'origine naturelle

Les causes d'agressions d'origine naturelle suivantes sont traitées dans les paragraphes suivants.

8.1.2.1. Séisme

Le site BRIDOR à Falaise se trouve en zone de sismicité faible.



8.1.2.2. Neige et vent

Neige : La présence de neige sur le site peut en gêner l'activité, principalement du fait de l'impossibilité de circulation des camions. Du fait de l'absence d'une voie de circulation publique en bordure des installations, la possibilité de la perte de trajectoire des camions n'est pas à craindre.

Vent : Compte tenu des dimensions des dispositifs installés à l'extérieur, par exemple les condenseurs, la prise au vent est importante. Les risques liés au vent fort ne sont pas nuls. Nous ne les retiendrons pas, car les structures constituant les supports de l'installation sont adaptées. **Les scénarii réalisés avec la modélisation PHAST prennent en compte les différentes conditions climatiques**.

Brouillard : Le brouillard peut, d'une part générer des phénomènes de corrosion extérieure de tuyauteries, d'autre part gêner la visibilité sur le site, en particulier lors du passage des camions. Les installations étant situées à l'intérieur des bâtiments ce risque sera retenu pour la situation actuelle et pris en compte pour la protection mécanique des condenseurs.

8.1.2.3. Canicule

A l'inverse du froid, la chaleur s'accompagne d'une élévation de la pression de vapeur saturante des gaz, qui pourraient théoriquement atteindre la pression d'ouverture des soupapes. L'installation est située en intérieur (sauf le condenseur) et donc protégée du rayonnement solaire.

Le procédé intégrera cette élévation de pression éventuelle par sa régulation (perte de rendement). Les différentes capacités isolables de l'installation, sont toutes protégées par des soupapes. Les soupapes s'ouvriront progressivement à partir de la pression de tarage. Pour qu'une telle pression soit atteinte, il faudrait que les installations soient à l'arrêt et que ces capacités soient soumises à une température élevée (>31°C) constante pendant plusieurs jours et sans tenir compte du refroidissement nocturne.

Si l'installation devait être arrêtée en période estivale pendant plusieurs jours il faudrait alors procéder à un retrait d'ammoniac de l'installation. Ce risque a été pris en compte dans le calcul des soupapes et dans une éventuelle ouverture simultanée des soupapes des circuits BP.

8.1.2.4. Foudre

La totalité des équipements sont mise à la terre, et la continuité électrique sera assurée entre les éléments contenant l'ammoniac (tuyauteries, récipients). Le site a fait l'objet d'une étude foudre spécifique par un organisme agréé. Cette étude est jointe dans le dossier général.

La probabilité de recevoir un impact foudre est en réalité faible. Nous ne retiendrons donc pas ce risque d'autant plus qu'un coup de foudre n'engendre pas forcément un incident ou dégât sur du matériel mis à la terre.

8.1.2.5. Inondation

Les installations de froid à l'ammoniac se situent en dehors de tout cours d'eau : le site de BRIDOR FALAISE n'est pas en zone inondable (La Braye à plus de 1,2 km au sud en contre-bas).

Le risque d'inondation du site n'est pas retenu. Cependant une attention toute particulière devra être apportée au contrôle des eaux issues des dégivrages, purge condenseur et lessivage des zones soumises aux précipitations. Causes liées à l'activité humaine

8.1.3. Causes liées à l'activité humaine

8.1.3.1. Risque routier

Les voies de communication de proximité immédiate sont la N158 à 340 m du site, et la rue des Grêles à 50 m, ensuite les voies d'accès au site. Les véhicules sont astreints aux règles de circulation internes, 10km/h maxi. De plus la zone ou sont implantées les Salles des machines sont réservé aux véhicules léger ou type camionnette.

La rue des Grêles est prise en compte dans les résultats des modélisations.

8.1.3.2. Risque aérien

L'aérodromes les plus proches de Falaise est l'Aérodrome de Falaise, situé à 4 km à l'Est du site (Dans l'axe de la piste).

Selon la Protection Civile, les risques les plus importants se situent au moment du décollage et de l'atterrissage des avions. La zone admise comme étant la plus exposée est celle qui se trouve à l'intérieur d'un rectangle délimité par :

- Une distance de 3 km de part et d'autre dans l'axe de la piste,
- Une distance de 1 km de part et d'autre perpendiculairement à la piste

La probabilité d'occurrence d'une chute d'avion à l'extérieur de cette zone est faible. Comme le site de BRIDOR FALAISE est situé à l'extérieur dudit rectangle nous ne retiendrons pas ce risque.

8.1.4. Causes liées l'environnement industriel

8.1.4.1. Effets dominos – effets d'installations voisines

Il n'existe pas de bâtiments ou équipements industriels proches, dont les locaux et les installations représentent un risque particulier. Aucun phénomène d'effet « domino » venant des installations hors site n'est à craindre, en dehors de tout événement destructeur volontaire (attentat) ou non (passage de citerne de gaz ou autres combustibles).

Ils ne constituent donc pas un risque significatif pour les installations de froid à l'ammoniac de BRIDOR FALAISE car celles-ci sont à l'intérieur de bâtiments fermés et situées loin des voies communales de circulation.

8.1.4.2. Travaux

Les travaux et interventions sur l'installation font l'objet de procédures spécifiques. Des plans de prévention et des permis spécifiques sont mis en œuvre incluant, le cas échéant, des permis de feu, des consignations / déconsignations….

Les travaux sont retenus comme cause possible d'agression, sauf dans le cas des interventions sur les « gros potentiels » constitués par les réservoirs (cf. annexe 5).

8.2. Causes internes liées au procédé

8.2.1. Analyse préliminaire des risques

L'identification des scenarios d'accidents liés au procédé est réalisée au travers d'une analyse préliminaire des risques (APR). Celle-ci consiste à :

- Identifier de façon la plus exhaustive possible les phénomènes dangereux pouvant conduire à des accidents majeurs induits par différents scénarios identifiés lors de la mise en œuvre d'une méthode adaptée aux installations, conduite en groupe de travail ; la méthode est basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible ;
- Lister les mesures de maîtrise des risques (techniques et/ou organisationnelles) de prévention et/ou de protection mises en place par l'industriel et agissant sur le scénario d'accident majeur identifié ; des propositions peuvent être faites concernant l'ajout ou la modification de mesures de maîtrise des risques ;
- Coter les phénomènes dangereux identifiés en termes d'intensité. La grille de cotation en intensité utilisé en phase d'APR est présentée paragraphe suivant ;
- Dresser une liste des phénomènes dangereux, sur la base des phénomènes pouvant avoir des distances d'effets hors du site ou conduire à des effets dominos sur les installations.
- Hiérarchiser les phénomènes dangereux en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences pour sélectionner les phénomènes dangereux qui feront l'objet d'une modélisation ;
- Coter éventuellement la probabilité d'apparition de chaque cause (en l'absence de mesures techniques ou organisationnelles de protection ou de prévention). La cotation des probabilités n'est pas faite systématiquement.

8.2.1.1. Déroulement et échelle de cotation utilisée pour l'APR

		Intensité
Hors Site	**4**	Forte intensité (ex : Seuil d'Effet Létal) du phénomène à l'extérieur du site – Pollution lourde
	3	Phénomène qui peut sortir du site avec intensité limitée à l'extérieur – Pollution légère
Sur Site	**2**	Effets dominos possible, ou atteinte des équipements de sécurité à l'intérieur du site
	1	Pas d'atteinte des équipements de sécurité à l'intérieur du site

***Tableau 6** : échelle des intensités adoptée dans l'APR*

8.2.1.2. Tableaux d'APR

Les tableaux d'analyse préliminaire des risques suivants sont présentés en annexe :

- Perte de confinement sur compresseur à vis ;
- Perte de confinement sur circuit HP (réservoir HP, condenseur) ;
- Perte de confinement sur circuit BP et MP (séparateur de liquide, bouteillon d'huile, pompe de recirculation NH3) ;
- Perte de confinement poste utilisateur (évaporateur, station de vannes) ;
- Perte de confinement sur toute autre partie du circuit (point de vidange, soupapes) ;

Enfin, une analyse des pertes d'utilités est effectuée.

Les phénomènes retenus au terme de l'analyse sont précisés au chapitre suivant.

⌦ Voir le détail de l'APR dans l'annexe 5.

8.3. Phénomènes dangereux retenus au terme de l'APR

Les **événements redoutés centraux** retenus au terme de l'analyse des risques sont les suivants :

- **Pertes de confinement sur les tuyauteries (10, 11)**, en dehors de la salle des machines et à l'extérieur de la salle des machines (terrasse, utilisateurs et/ou liaison vers utilisateurs) ; les fuites sont possibles en amont et en aval des équipements (compresseur, condenseur, évaporateur, pompe…). Les tailles de brèche retenues sont la rupture guillotine et la « brèche » :
  - ✓ La rupture guillotine peut être due à des chocs, des effets dominos, des surpressions, etc…
  - ✓ La « brèche » peut être due à des chocs, des surpressions, des ouvertures de vannes sur le circuit, de la corrosion, des vibrations, etc…
- **Pertes de confinement sur les échangeurs (14)** (condenseurs, évaporateurs) : les tailles de brèche retenues sont la ruine et la « petite brèche » :
  - ✓ La ruine peut être due à des chocs, des effets dominos, des surpressions…
  - ✓ La « brèche » peut correspondre à des chocs, des surpressions, des ouvertures de vannes sur l'équipement, etc.…
- **Perte de confinement au niveau de soupapes (15)** ; deux situations sont retenues :
  - ✓ Ouverture partielle de soupape (liée à des défaillances techniques ou des fonctionnements intempestifs) ;
  - ✓ Pleine ouverture de soupape (liée à une surpression dans le réseau). La surpression pourra être maintenue ou de durée limitée selon la cause envisagée, conduisant potentiellement à un rejet de soupape de durée limitée.
- **Perte de confinement en phase d'appoint ou de vidange (13)** : les tailles de brèche retenues sont la rupture guillotine et la brèche de flexible.
- **Perte de confinement sur les bouteilles ou containers d'appoint ou de vidange (12, 13)** ; les tailles de brèche retenues sont la ruine et la « brèche » :
  - ✓ La ruine peut être due à des chocs, des effets dominos, des surpressions…
  - ✓ La « brèche » peut correspondre à des chocs, des surpressions, des ouvertures de vannes sur l'équipement, etc.…

Pour les différents ERC retenus, les phénomènes dangereux retenus sont :

- La dispersion toxique ;

La pollution n'est pas retenue dans l'étude de dangers dans la mesure où la rétention dans la salle des machines permet de recueillir les éventuels épandages et car l'ammoniac est facilement biodégradable.

Note : *d'autres événements sont susceptibles de se produire en cas de perte de confinement sur des échangeurs (pollution du réseau, contamination du circuit d'huile au niveau des réfrigérants d'huile). Mais ces événements ne conduisent pas à des accidents majeurs et ne sont pas retenus.*

9. Caractérisation de l'intensité des phénomènes dangereux

Ce chapitre présente les principes d'évaluation des intensités des phénomènes dangereux et fournit les distances d'effet pour les phénomènes retenus dans l'étude de dangers.

Il s'articule en trois parties :

- Sélection des phénomènes dangereux à modéliser ;
- Principales hypothèses de modélisation ;
- Intensités des phénomènes dangereux modélisés.

9.1. Sélection des phénomènes dangereux à modéliser

L'analyse préliminaire des risques a identifié les phénomènes dangereux pouvant potentiellement avoir des effets à l'extérieur du site ou conduire à des effets dominos (cf. chapitre 7.3).

Parmi ces phénomènes, une sélection a été faite pour identifier ceux qui font l'objet d'une modélisation des effets.

❖ Famille de phénomènes par zone géographique

Les phénomènes ont été d'abord classés par « famille » selon la localisation des équipements :

On distingue ainsi les pertes de confinement sur des équipements situés dans les zones et locaux différents. La distinction s'appuie sur le fait que les effets peuvent être très différents, soit parce que le rejet se fait directement à l'extérieur, soit parce que les enjeux ne sont pas localisés de la même manière ou encore parce que les causes d'accident peuvent être différentes. Les zones suivantes ont été étudiées successivement :

- Extérieur (terrasse ou au sol) ;
- Salle des machines ;
- Utilisateurs (chambre froide, surgélateurs…) et/ou gaines techniques entre la salle des machines et les utilisateurs.

❖ Pour une localisation donnée : hiérarchisation des PhD

Pour chaque « famille » de phénomènes, on classe les phénomènes par intensité décroissante des effets. L'intensité dépend de la phase (liquide ou gaz), de la pression (HP, MP ou BP) et de la quantité pouvant être libérée.

On n'a retenu dans une même zone que les phénomènes majorants en intensité.

La hiérarchisation des effets s'appuie sur le tableau ci-dessous :

Caractéristiques du rejet	Effets relatifs attendus
HP liquéfié	Effets maximums
BP liquéfié	Effets importants
HP gaz	Effets modérés
BP gaz	Effets minimes

❖ Synthèse : phénomènes retenus pour modélisation

Les phénomènes dangereux suivants sont modélisés :

Pour chaque « famille » de phénomènes, on classe les phénomènes par intensité décroissante des effets. L'intensité dépend de la phase (liquide ou gaz), de la pression (HP, MP ou BP) et de la quantité pouvant être libérée.

Zone géographique	Evènements redoutés retenus	Remarques
Extérieur	Rupture guillotine de la tuyauterie HP en aval du condenseur	Si la fuite en ras de paroi a été écartée, le rejet au niveau du collecteur de sortie de l'échangeur peut ne pas être retenu (cf. APR). La rupture guillotine de la tuyauterie en aval du collecteur est à considérer.
Salle des machines	Rupture guillotine de la tuyauterie HP en aval du condenseur	Le terme source peut être différent du précèdent, du fait des pertes de charges. Si la détente HP/BP (ou HP/MP) est située à l'extérieur, ce phénomène est remplacé par la rupture guillotine de la tuyauterie BP (ou MP) à l'aval du condenseur.
	Perte de confinement sur la bouteille BP	Il est difficile de conclure d'emblée sur la hiérarchisation des deux scénarios : perte de confinement sur la bouteille BP (non isolable et de forte capacité) et perte de confinement sur le liquide HP. La perte de confinement sur une bouteille BP peut conduire en effet à un rejet important dont les effets peuvent finalement être supérieurs à ceux d'une perte de confinement sur du HP liquéfié. On retient la rupture guillotine sur la tuyauterie de départ BP vers les utilisateurs en excluant la fuite en ras de paroi (cf. APR). Pour la modélisation, sera retenu le cas majorant entre la perte de confinement à l'aval de la pompe BP (en fonctionnement) ou en amont de la pompe BP (à l'arrêt).

9.2. Principales hypothèses de modélisation

Les principales hypothèses retenues pour l'évaluation des effets sont :

- Il est supposé que la ventilation normale mécanique soit arrêtée en cas de fuite d'ammoniac ; lorsque le fonctionnement de l'extraction forcée est envisagé, il est supposé que le démarrage de la ventilation forcée s'effectue après 30 secondes.
- Si elles sont prévues pour cela, les vantelles d'air se ferment en cas de surpression dans le local ; des effets au sol par les interstices du local et/ou les vantelles ont été considérés lorsque la fuite génère une surpression dans le local ;
- Le terme source est évalué en considérant des contributions amont et aval ; mais les vannes de détente, la pompe de circulation BP, le compresseur sont considérés comme des « clapets » anti-retour.
- La vidange des installations est considérée (pas d'isolement ou de d'arrêt des équipements) en cas de défaillance des barrières de limitation ; en cas de fonctionnement des barrières de limitation, les hypothèses retenues sont les suivantes :
  - ✓ L'arrêt des équipements (compresseurs et pompes) conduit à l'arrêt de la circulation des fluides ; le temps de réponse est le même que celui de démarrage de l'extraction forcée, soit 30 secondes.
- La durée d'exposition aux nuages toxiques correspond aux durées de persistance des nuages toxiques, qui dépendent du scenario envisagé. La durée maximale d'exposition retenue est de 1 heure.

9.3. Intensité des phénomènes dangereux

9.3.1. Seuils d'effets sur l'homme

Les seuils retenus sont définis par l'arrêté du 29 septembre 2005.

9.3.1.1. Effets toxiques

Les valeurs de référence de seuils d'effets toxiques pour l'homme, par inhalation, sont les suivantes (Annexe 2 de l'Arrêté du 25 septembre 2005) :

- Les seuils des effets irréversibles (SEI) délimitent la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine »
- Les seuils des effets létaux (SEL) correspondant à une CL 1%6 délimitent la « zone des dangers graves pour la vie humaine »
- Les seuils des effets létaux significatifs (SELS) correspondant à une CL 5% délimitent la « zone des dangers très graves pour la vie humaine »

Complément sur la détermination de la valeur seuil pour un effet donné en fonction du temps d'exposition (suivant le document de l'INERIS DRC-07-82347-07520A) :

« N.B. D'un point de vue toxicologique, **il n'est pas pertinent de déterminer de valeur seuil** pour un effet donné (létal, irréversible ou réversible) **pour des durées d'exposition inférieures à 10 minutes**. Ceci s'explique en raison de la physiologie respiratoire et les apnées réflexes mis en jeu en cas d'exposition à des substances irritantes par inhalation.

Ainsi, la valeur du seuil de toxicité aiguë pour une exposition d'une minute est purement une donnée mathématique calculée sans réelle valeur toxicologique. Il est donc illusoire de vouloir déterminer des valeurs pour des durées d'exposition inférieures à une minute. »

9.3.1.2. Effets de surpression

Les valeurs de référence sont les suivantes :

- Seuil des effets indirects de surpression par bris de vitre : 20 mbar,
- Seuil des effets irréversibles SEI : 50 mbar,
- Seuil des premiers effets létaux SEL : 140 mbar,
- Seuil des effets létaux significatifs SELS : 200 mbar.

9.3.2. Conditions météorologiques

La circulaire du 10 mai 2010 « récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 » indique que « les conditions (D,5) et (F,3) sont généralement retenues pour des rejets au niveau du sol ».

La première de ces conditions permet de représenter une situation courante (condition neutre et vitesse de vent de 5 m/s), la seconde permettant une évaluation des conséquences dans des conditions atmosphériques défavorables (conditions très stables et vitesse de 3 m/s) pour des rejets au niveau du sol.

Pour les rejets en hauteur, s'ajoutent à ces conditions météorologiques, les conditions (A,3), (B,3), (B,5), (C,5), (C,10), (D,10) et (E,3).

Stabilité atm.		**A**	**B**	**B**	**C**	**C**	**D**	**D**	**E**	**F**
Vitesse du vent	*(m/s)*	3	3	5	5	10	5	10	3	3
T° ambiante	*(°C)*	20	20	20	20	20	20	20	20	15
T° du sol	*(°C)*	20	20	20	20	20	20	20	20	15
Humidité relative	*(%)*	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Rayonnement solaire	*(kW/m²)*	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0

***Tableau 7** : Conditions météorologiques génériques*

9.3.3. Environnement

Les rejets sont considérés en champ libre, le paramètre de rugosité choisi correspond à un site industriel. Le relief sur lequel est calculée la dispersion est considéré plat et uniforme.

9.3.4. Présentation des résultats

Le chapitre suivant a pour but de décrire les événements accidentels théoriques, de façon à vérifier si l'étendue des conséquences possibles dépasse les limites de propriété de l'établissement.

Le respect des consignes d'exploitation (en cours de mise en place et effectives avant démarrage de l'activité) et les équipements de sécurité tendront à limiter d'autant la probabilité d'une perte de confinement importante.

Les dispositions préventives prises dans la conception et la construction des appareils et annexes, permettent d'écarter la défaillance grave pour ne retenir comme origine de fuite plausible qu'un défaut inattendu, réduit et localisé.

En dehors d'un cataclysme, naturel ou non qui détruirait les locaux, ce genre d'installations, **présente les risques décrits ci-après**.

Les scénarii ont été étudiés en fonction de l'ERC majorant qui est lié à la quantité de l'ammoniac fuyant, sous forme vapeur et aérosols. Cette quantité d'ammoniac fuyant est proportionnelle à la pression et à la section de l'orifice de fuite. Par conséquent pour les pressions en jeu dans l'installation (HP et BP) nous avons choisi les diamètres les plus importants pouvant être en cause : d'où le choix des scénarii de calcul dans l'EDD.

Ces scénarii ont été tirés du résultat de l'AMDEC à partir des DMC (défaillance moyennement critique) et des DC (défaillance critique).

⌦ L'**annexe 5** apporte les justificatifs sur les scénarii retenus (synthèse p26 de l'annexe 5).

De plus nous n'avons pas tenu compte des probabilités, ni des fréquences des fuites et avons fait l'étude de manière « déterministe » et non de façon « probabiliste » ; ce qui nous pénalise en termes de résultats.

Les résultats des scénarii présentés sont calculés après mise en œuvre des mesures de maitrises des risques.

⌦ L'**annexe 8** apporte les caractérisations des résultats des scénarii.

Dans l'annexe 8, la valeur « < 10 m », en distance horizontale signifie que les doses des Effets Létaux (SEL) ou des Effets Irréversibles (SEI) ne sont pas perçues au sol (hauteur cible = 1,8 m).

10. Caractérisation de la gravité des accidents potentiels

10.1. Grille d'évaluation de la gravité

L'annexe III de l'Arrêté du 29 septembre 2005 (relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation) définit l'échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident à l'extérieur des installations.

Les seuils considérés sont :

- les seuils d'effets létaux significatifs (SELS),
- les seuils d'effets létaux (SEL),
- les seuils d'effets irréversibles (SEI),

(Ne sont pas pris en compte pour l'estimation de la gravité les seuils correspondant aux bris de vitres et leurs effets).

Le tableau ci-dessous reprend l'échelle d'appréciation de la gravité défini dans

L'Annexe III de l'Arrêté du 29 septembre 2005 :

Niveau de gravité des conséquences	SELS	SEL	SEI
Désastreux (5)	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
Catastrophique (4)	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
Important (3)	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
Sérieux (2)	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins 10 personnes exposées
Modéré (1)	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des Effets Irréversibles inférieure à 1 personne

La gravité des conséquences est ainsi définie comme la combinaison de l'intensité des effets et de la vulnérabilité des populations situées dans les zones exposées à ces effets.

10.2. Comptage des personnes pour évaluation de la gravité

Le comptage des personnes s'appuie sur les données de l'environnement du site étudié.

Les personnes présentes dans le cercle des effets (dans les habitations, les véhicules, les trains, les entreprises voisines, etc…) sont comptabilisées conformément à la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 = zone urbaine 400-600 p/ha.

11. Caractérisations des probabilités d'occurrence

Ce chapitre explicite la méthode utilisée pour évaluer la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux et des accidents majeurs.

11.1. Classes des probabilités d'occurrence

Les phénomènes dangereux et accidents sont classés en classe de probabilité conformément à l'annexe 1 (relative aux échelles de probabilité) de l'arrêté PICG du 29 septembre 2005.

Classe de probabilité	Qualitative		Semi-quantitative	Quantitative (par unité et par an)
E (1 dans la grille de criticité)	Evénement possible mais extrêmement peu probable"	N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installation	Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitatives et quantitatives, et permet de tenir compte des mesures de maîtrise des risques mises en place, conformément à l'article 4 du présent arrêté	10^{-5}
D (2 dans la grille de criticité)	"événement très improbable"	S'est produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité		10^{-4}
C (3 dans la grille de criticité)	"Evénement improbable"	Un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité		10^{-3}
B (4 dans la grille de criticité)	"événement probable"	S'est produit et/ou peut se Produire pendant la durée de vie de l'installation		10^{-2}
A (5 dans la grille de criticité)	"Evénement courant"	S'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la vie de l'installation, malgré d'éventuelles mesures correctives		

Dans l'étude, les probabilités d'occurrence annuelle des phénomènes dangereux sont quantifiées en classe Fi. Pour les fortes fréquences (pour les EI), des classes complémentaires sont proposées. La correspondance avec les classes de l'arrêté PCIG (A à E, pour les PhD ou accidents majeurs) est la suivante :

Classe	≤ F5 E	F4 D	F3 C	F2 B	F1 A	F0 -	F-1 -
Fréquence / an	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	

11.2. Détermination des probabilités d'occurrence des PhD de dispersion toxique

11.2.1. Point de départ : évaluation des fréquences des ERC

L'évaluation des probabilités d'occurrence des phénomènes dangereux et accidents est réalisée à partir des événements redoutés centraux. La source de donnée utilisée est issue des différentes littératures reprises par l'INERIS. La méthode d'évaluation des ERC utilisée, est celle décrite dans le rapport DR34 – Opérations b et c.

⌦ L'**annexe 9** apporte des éléments méthodologiques et permet une lecture claire sur les PhD de dispersion toxique étudiés.

La valeur retenue correspond aux caractéristiques des équipements :

- Diamètre de tuyauterie (valeur la plus faible correspondant à la fréquence la plus élevée) :
  - ✓ Tuyauterie liquide HP / MP : DN 65 / DN 80 ;
  - ✓ Tuyauterie liquide BP : DN 65 ;
- Pompes : type centrifuge sans garniture ;
- Compresseurs : type volumétrique ;
- Condenseurs : évaporatifs ;
- Evaporateurs : à plaques et tubes/ailettes.

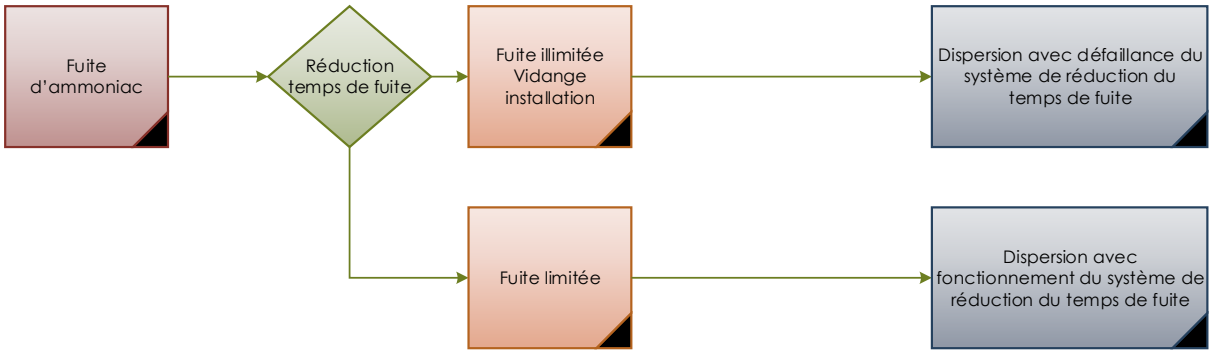
11.2.2. Evaluation de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux

La probabilité de chaque phénomène dangereux de fuite toxique retenu pour les modélisations est évaluée en tenant compte :

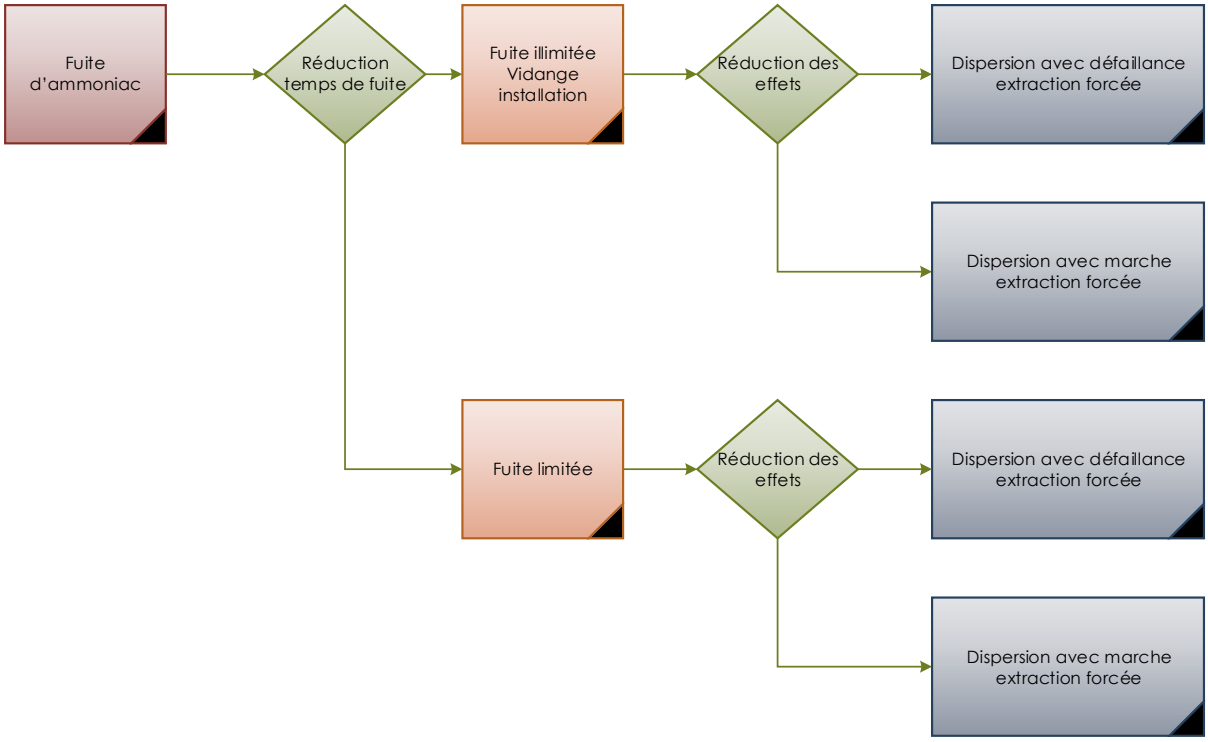
- De la fréquence de l'ERC (voir § 10.2.1)
- De la probabilité de défaillance des mesures de maîtrise des risques de limitation des effets (cf. § 10.2.3).

Des arbres de défaillance sont utilisés qui identifient les mesures de maîtrise des risques de limitation des effets :

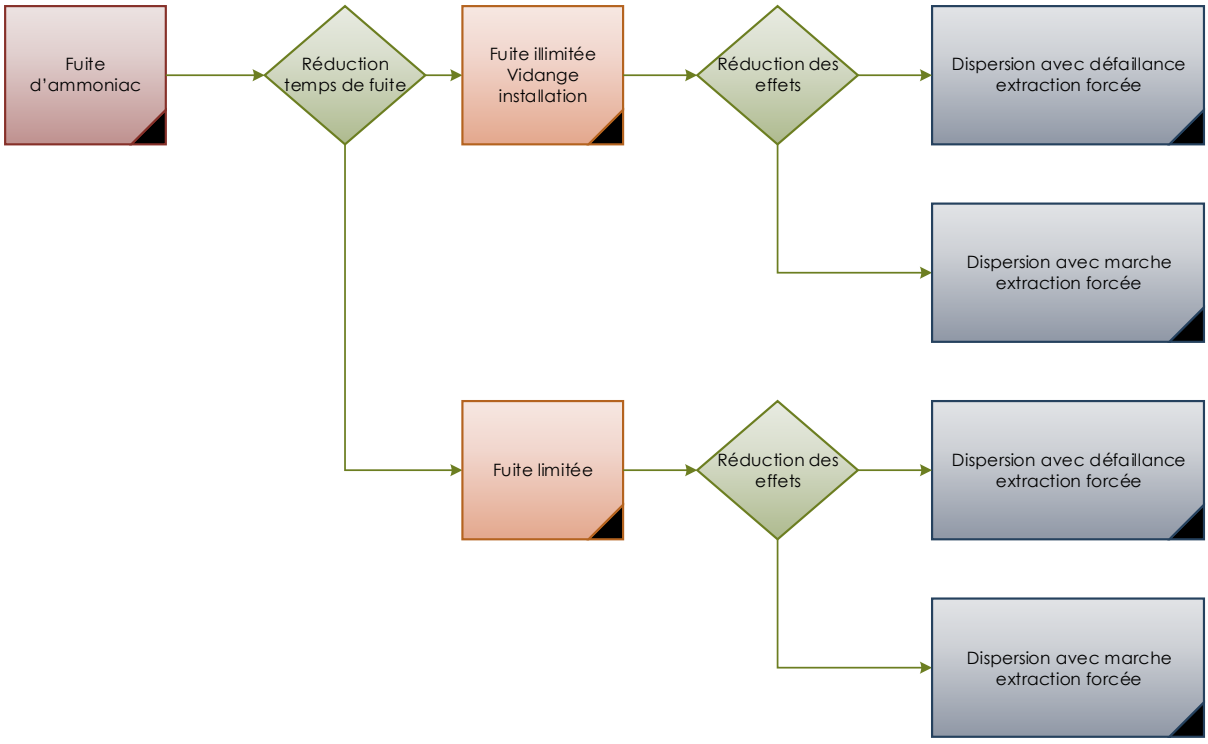
- **Fuite d'ammoniac à l'extérieur :**



- **Fuite d'ammoniac dans la salle des machines :**



- **Fuite d'ammoniac en chambre froide ou dans les gaines techniques / galeries :**



11.2.3. Méthodes d'évaluation des barrières de sécurité

Les barrières de sécurité de limitation des effets ont été évaluées en suivant les méthodologies décrites dans les deux référentiels disponibles sur le site internet de l'INERIS :

- Oméga 10^7 pour les barrières techniques de sécurité :
- Oméga 20^8 pour les barrières humaines de sécurité ; pour les barrières humaines de sécurité la fiche n°7 de la circulaire du 10 mai 2010 fournit également une méthodologie d'évaluation.

L'évaluation s'appuie sur les évaluations individuelles de chaque élément de la barrière (détection, traitement, action) mais c'est l'évaluation de la barrière globale qui est retenue dans les évaluations de probabilité des événements.

Les critères d'évaluation (communs aux barrières techniques et humaines) sont :

- **L'indépendance** : faculté d'une barrière, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une part d'autres barrières, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.
- **L'efficacité** : capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation
- **Le temps de réponse** : ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser
- **Le niveau de confiance** : il traduit la fiabilité de la barrière ;
- **Le maintien des performances** des barrières (testabilité, maintenabilité).

Le mode commun de défaillance a été pris en compte dans les évaluations.

L'indépendance vis-à-vis des dispositifs de conduite pour les arrêts d'urgence et la mise en sécurité électrique des installations est mise en œuvre. L'évaluation des barrières est présentée en annexe.

⌦ L'**annexe 7** propose des tableaux synthétiques de mesures de maîtrise des risques.

Les NC retenus au terme de l'évaluation sont :

Dénomination barrières	Dispositif PASSIF	Dispositif ACTIF	Systèmes instrumentés de sécurité SIS		Temps de réponse *(secondes)*	NC
			Simple	Complexe		
Murs coupe-feu	X		Sans objet		1	3
Fermeture automatique des portes	X		Sans objet		1	2
Cuvette de rétention dans locaux	X		Sans objet		1	3
Cheminée d'extraction air ammoniaqué	X		Sans objet		1	3
Disposition du matériel à l'intérieur de locaux	X		Sans objet		1	3
Calcul des circuits selon normes en vigueur	X		Sans objet		1	3
Ventilateur d'extraction d'air ammoniaqué dans cheminée		X	Sans objet		30	2
Pressostat de sécurité type double soufflet		X	Sans objet		1	2
Soupape de sécurité		X	Sans objet		1	2
Vannes de décharge en décompression		X	Sans objet		1	1
Clapet anti-retour		X	Sans objet		1	2
Bouton arrêt d'urgence		X	Sans objet		1	2
Niveau électrique de sécurité		X	Sans objet		1	1
Détecteur incendie avec capteurs		X	Oui		30	2
Détecteur NH3		X	Sans objet		15	2
Capteur NH3		X	Sans objet		1	2
Détecteur NH3 + capteurs		X	Oui		16	2
Ventilateur d'extraction d'air ammoniaqué dans cheminée secourue		X	Oui		30	2
Vanne motorisée électropneumatique à sécurité positive		X	Oui		1	2

11.2.4. Probabilité d'occurrence des PhD de dispersion toxique

La prise en compte des mesures de maîtrise des risques de limitation des effets conduit à identifier les PhD suivants dont la probabilité est évaluée comme expliqué précédemment :

Zone géographique	ERC	PhD retenus
Extérieur	Rupture guillotine de la tuyauterie HP	**Scénario 14** : Rupture guillotine d'un tube interne au condenseur.
	Relâchement des soupapes de sécurités	**Scénario 15** : Ouverture des soupapes de sécurité avec échappement via le collecteur en extérieur.
Salle des machines	Rupture guillotine de la tuyauterie HP en aval du condenseur	**Scénario 10** : Rupture guillotine de la tuyauterie HP vapeur en amont du condenseur. **Scénario 11** : Rupture guillotine de la tuyauterie HP liquide en aval du condenseur.
	Perte de confinement sur la bouteille MP/BP	**Scénario 12** : Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en aval des pompes ammoniac. **Scénario 13** : Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en amont des pompes ammoniac ou échangeur s'il n'y a pas de pompes.

11.3. Evaluation des probabilités d'occurrence des explosions en zone confinée

Il n'est pas retenu d'explosion en cas de fuite à l'extérieur d'un local.

Une explosion en milieu confinée (salle des machines, galeries, utilisateurs) est possible.

La probabilité de l'explosion fait intervenir la fréquence de fuite dans le local (engendrant une concentration suffisante pour créer les conditions d'inflammabilité) et la probabilité de l'inflammation retardée.

La fréquence de fuite dans le local est détaillée dans l'annexe 9 dans le tableau 9.5.

La probabilité d'inflammation retenue est 10^{-2}.

Cette valeur est retenue car l'ammoniac est faiblement réactif et que des détecteurs d'ammoniac sont installés dans les lieux potentiels de fuite avec coupure des alimentations électriques non dimensionnées pour une utilisation en atmosphère explosible.

Disfonctionnement de l'extracteur d'air ammoniaqué (Perte d'utilité) :

En cas de disfonctionnement de l'extracteur d'air ammoniaqué (Extracteur de sécurité) et présence d'une fuite d'ammoniac, le mélange air-ammoniac sortira par la cheminée d'extraction. En effet le local est étanche au niveau des grilles d'entrée d'air par la pose de grille à ventelles dynamiques coté intérieur, le sens du flux d'air ne peut être que de l'extérieur vers l'intérieur, alors qu'au niveau de l'extracteur un clapet s'ouvre vers l'extérieur. Donc sans extracteur, la fuite crée une surpression dans le local et fait ouvrir le clapet au niveau de ventilateur.

Le risque, sans extraction est donc une d'explosion de l'ammoniac. Ce risque est maitrisé par la détection (voir annexe 14), en effet il y a plusieurs détecteur NH3 dans la SDM (Voir NC = 2 ; justifié par le fait de la redondance + détecteur SIL (**S**afety **I**ntregrety **L**evel) + contrôle périodique sur l'étalonnage et la coupure des seuils. De plus on installera deux détecteurs d'ammoniac ATEX 0/100% LIE avec un seuil d'avertissement prévenant du seuil d'explosivité (15 et 20%), pour avoir une lecture en cas de forte concentration d'ammoniac et donc l'anticipation d'une évacuation dans un périmètre de sécurité.

L'ensemble du système de détection, la ventilation de sécurité et l'éclairage de secours doivent répondre à la réglementation **ATEX** pour un classement en **Zone 2** (Présence de matières inflammables dans des conditions anormales pendant de courtes périodes uniques).

Les protections **IP6X** doivent être adaptées (presse-étoupe adapté), le câblage de l'ensemble doit être réalisé avec du câble pour **zone ATEX 2**.

Ammoniac (Groupe de gaz IIA, classement température T1).

11.4. Présentation des probabilités des phénomènes dangereux et des accidents majeurs

Le chapitre 13 présente des tableaux récapitulatifs des phénomènes dangereux et accidents majeurs en explicitant les intensités, les gravités, les probabilités d'occurrence et la cinétique.

12. Caractérisation de la cinétique des évènements

L'ensemble des phénomènes dangereux et accidents majeurs retenus dans la présente étude de dangers sont à cinétique rapide.

Il est à noter que l'adéquation de la cinétique de mise en œuvre des barrières de sécurité et de la cinétique des phénomènes dangereux conduisant aux accidents majeurs potentiels a été prise en compte.

Ainsi :

- Les barrières ont été retenues comme barrière de sécurité, sous réserve d'un temps de réponse compatible avec la cinétique des accidents ;
- Les temps de réponse des barrières de sécurité ont été pris en compte pour déterminer les intensités des phénomènes dangereux intégrant le fonctionnement des barrières (durée d'isolement, durée de démarrage de l'extraction forcée…).

13. Effets dominos

13.1. Effets dominos issus de la réfrigération à l'ammoniac

Une libération brutale d'ammoniac peut conduire à une montée en pression dans le local qui conduit à l'émission de bouffées au niveau du sol par les ouvertures (vantelles, interstices sous les portes…).

La mise en service de l'extracteur et les ouvertures dans le local SDM suffisent à éviter une montée en pression conduisant à un éclatement du local.

13.2. Effets dominos issus d'autres installations

Le seul effet domino possible, est un incendie des locaux avoisinant la SDM. C'est un risque qui est étudié dans le scénario n°15 dans la présente étude (Relâchement des soupapes de sécurité).

14. Bilan des phénomènes dangereux et des accidents majeurs

14.1. Tableau de synthèse des phénomènes dangereux et accidents majeurs

Ce chapitre synthétise les caractéristiques de l'ensemble des phénomènes dangereux et accidents majeurs identifiés dans l'étude de dangers. Par souci de simplification, un seul tableau a été retenu qui regroupe pour chaque phénomène dangereux et accident majeur associé :

- Les distances pour les seuils d'effets SELS, SEL, SEI et bris de vitre ;
- La gravité ;
- Les probabilités d'occurrence ;
- La cinétique.

Ces caractéristiques ont été évaluées dans les chapitres précédents.

- **Rappel des résultats du système NH3 (SDM)** suivant les scénarii étudiés après mise en œuvre des mesures de prévention et de maitrise des risques (MMR) :

N°	PhD	Classe proba	Distances d'effet à hauteur des enjeux			Cinétique	Gravité
			SELS	SEL	SEI		
10	Rejet d'un nuage toxique par l'extraction de sécurité. Dispersion du nuage toxique à l'extérieur.	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détection d'ammoniac = arrêt **immédiat** au 2ème seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + **coupure des énergies** et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. **Hauteur de rejet = 15 m**	Modéré
11	Rejet d'un nuage toxique par l'extraction de sécurité. Dispersion du nuage toxique à l'extérieur.	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détection d'ammoniac = arrêt **immédiat** au 2ème seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + **coupure des énergies** et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. **Hauteur de rejet = 15 m**	Modéré

12	Rejet d'un nuage toxique par l'extraction de sécurité. Dispersion du nuage toxique à l'extérieur.	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détection d'ammoniac = arrêt **immédiat** au 2ème seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + **coupure des énergies** et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. **Hauteur de rejet = 15 m**	Modéré
13	Rejet d'un nuage toxique par l'extraction de sécurité. Dispersion du nuage toxique à l'extérieur.	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détection d'ammoniac = arrêt **immédiat** au 2ème seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + **coupure des énergies** et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. **Hauteur de rejet = 15 m**	Modéré
14	Rejet d'ammoniac par un tube. Dispersion d'un nuage toxique à l'extérieur.	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détection d'ammoniac = arrêt **immédiat** au 2ème seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + **Avertissement fuite extérieure**. Isolation du condenseur.	Modéré
15	Rejet d'ammoniac par le collecteur des soupapes. Dispersion d'un nuage toxique à l'extérieur.	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Rejet à l'atmosphère via un collecteur Détection d'ammoniac avec le capteur rejet soupapes. **Hauteur de rejet = 15 m** **Un périmètre de sécurité incendie serait également mis en place**. **Intervention des secours.**	Modéré

14.2. Positionnement des accidents dans la matrice des risques

Les risques sont positionnés suivant leurs criticités dans la matrice des risques ci-dessous. C'est le classement des criticités après préconisations.

La criticité (C) de la défaillance est donnée par le couple (Gravité ; Probabilité) de ces deux valeurs, la criticité peut donc varier de 11 à 55.

⌦ L'**annexe 5** apporte tous les détails sur l'analyse préliminaire des risques pour le système NH3 qui conduit au résultat ci-dessous, l'APR est basée sur une expérience concrète et mise à jour régulièrement.

Classement du nombre des criticités sans MMR (Mesures de Maitrise des Risques)

Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	Probabilité (sens croissant de E vers A (note 1))				
	E (1)	D (2)	C (3)	B (4)	A (5)
Désastreux (5)	0 51	0 52	0 53	0 54	0 55
Catastrophique (4)	0 41	0 42	0 43	0 44	0 45
Important (3)	1 31	1 32	8 33	0 34	0 35
Sérieux (2)	1 21	5 22	5 23	9 24	0 25
Modéré (1)	1 11	7 12	13 13	26 14	2 15

Classement du nombre des criticités avec MMR (Mesures de Maitrise des Risques)

Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	Probabilité (sens croissant de E vers A (note 1))				
	E (1)	D (2)	C (3)	B (4)	A (5)
Désastreux (5)	**0** 51	**0** 52	**0** 53	**0** 54	**0** 55
Catastrophique (4)	**0** 41	**0** 42	**0** 43	**0** 44	**0** 45
Important (3)	**0** 31	**0** 32	**0** 33	**0** 34	**0** 35
Sérieux (2)	**0** 21	**0** 22	**0** 23	**0** 24	**0** 25
Modéré (1)	**8** 11	**70** 12	**0** 13	**0** 14	**0** 15

**AM 10/05/2000 : Certains événements externes pouvant provoquer des accidents majeurs peuvent ne pas être pris en compte dans l'étude de dangers et notamment comme ici l'actes de malveillance*

L'étude de dangers démontre que les conditions d'acceptabilité sont satisfaites après mise en place des mesures.

Les scénarii sont positionnés suivant leurs criticités dans la matrice des risques ci-dessous. C'est le classement des criticités **après mise en place des MMR** (**M**esures de **M**aitrise des **R**isques).

Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	**Probabilité (sens croissant de E vers A (note 1))**				
	E (1)	**D (2)**	**C (3)**	**B (4)**	**A (5)**
Désastreux (5)	51	52	53	54	55
Catastrophique (4)	41	42	43	44	45
Important (3)	31	32	33	34	35
Sérieux (2)	21	22	23	24	25
Modéré (1)	**Scénario** 11 14 11	**Scénarii** 11 12 13 14 15 16 17 12	13	14	15

14.3. Phénomènes dangereux pour le Porter à Connaissance

Les phénomènes dangereux permettent d'élaborer le Porter à Connaissance (cf. Circulaire du 4 mai 2007).

Les phénomènes dangereux étudiés et maitrisés dans cette EDD maintenus pour le Porter à Connaissance sont les suivants :

N°	Désignations ERC
10	Rupture d'un tube entre compresseurs et les condenseurs dans l'édicule (au niveau d'une vanne ou accessoire) = Perte de confinement **vapeur HP** à l'intérieur. Voir scénario 11 similaire et majorant avec liquide HP
11	Rupture d'un tube à la sortie du condenseur dans l'édicule (au niveau d'une vanne ou accessoire) = Perte de confinement **liquide HP** à l'intérieur. Scénario Majorant, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8
12	Rupture d'un tube en dessous de la bouteille BP – Installation en fonctionnement = Perte de confinement **liquide BP** à l'intérieur. Voir scénario 13 similaire et majorant avec pression plus importante
13	Rupture d'une canalisation en dessous de la bouteille BP – Installation à l'arrêt (à l'arrêt avec une élévation de la pression) avec limitation du rejet par la mise en place de vannes de sécurité = Perte de confinement **liquide BP** à l'intérieur. Scénario Majorant, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8
14	Rupture d'un tube à l'intérieur du condenseur en extérieur = Perte de confinement **liquide HP** en extérieur. Scénario tube extérieur voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8
15	Effet domino : Cas d'un incendie en SDM. Relâchement des soupapes de sécurité = Décharge des soupapes **vapeur HP** (collecteur) à l'atmosphère. Scénario cas incendie, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8

15. Références

Les références utilisées dans l'étude et ses annexes sont les suivantes :

1 AFF, *Installations frigorifiques fonctionnant à l'ammoniac – leur impact sur l'environnement – Guide d'étude des risques technologiques,* avril 1999.
2 AFF et ADEME, *Guide des bonnes pratiques pour les installations frigorifiques fonctionnant à l'ammoniac*, février 2003.
3 Ministère de l'environnement, *l'Ammoniac et la réfrigération*, SEI/BARPI ED0389, février 1995 et son complément 2002.
4 CSST (Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec), *Systèmes de réfrigération fonctionnant à l'ammoniac, mesures de prévention*, 2ème édition, 2009.
5 Article EPA – CEPP – *Hazards of ammonia releases at ammonia refrigeration facilities (update)* – August 2001.
6 HSE, Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments – (FRED), 28 juin 2012.
7 LNE, Handboek Faalfrequenties (Handboek Kanscijfers – AMINAL), *guide* méthodologique, 2009.
8 RIVM, Reference manual BEVI risk assessment (Purple book), 2009
9 RIVM report n° 620100003/2005 - P.A.M. Uijt de Haag. Distance table for ammonia cooling plants, 2005.
10 ICSI, Résumé des travaux du groupe de travail « fréquence des événements initiateurs d'accidents et disponibilité des barrières de protection et de prévention », juillet 2006.
11 SINTEF, OREDA (Offshore Reliability Database).
12 BARPI, Retour d'expérience – L'ammoniac et la réfrigération, SEI/BARPI ED0389, février 1995.
13 INERIS, Rapport □-19 – Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35) – Détermination des grandeurs caractéristiques du terme source nécessaires à l'utilisation d'un modèle de dispersion atmosphérique des rejets accidentels, INERIS-DRA-2005- P46055-C51706, novembre 2006.
14 BONNET P. et LACOME J-M., Experimental study of accidental industrial LPG releases rain-out investigation, 40th Loss Prevention Symposium, Florida, 2006.
15 BOUET R., Ammoniac – Essais de dispersion atmosphérique à grande échelle, INERIS DRA-RBo-1999-20410, 1999.
16 BOUET R, DUPLANTIER S. et SALVI O., *Ammonia large scale atmospheric dispersion experiments*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 18, pg 512-519, 2005.
17 GENTILHOMME O., DRA-72 : Experimental results of liquefied ammonia releases in a congested environment, DRA-12-95340-01141A, 2012.
18 UFIP, Guide méthodologique UFIP pour la réalisation des études de dangers en raffineries, stockages et dépôts de produits liquides et liquéfies, vol1, juillet 2002.
19 UIC, Emission à la brèche, Débit en phase gazeuse, Débit en phase liquide, Formation et vaporisation des flaques, Cahier de sécurité n°11, 1987.
20 ANDERSON J.D., Computational Fluid Dynamics : the Basics with Applications, McGraw Hill, 1995.
21 FERZIGER J.H. et PERIC M., Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer Verlag, 1999.

16. Liste des annexes

Annexe 1 : Description des installations de réfrigération à l'ammoniac

Annexe 2 : Caractéristiques de l'ammoniac

Annexe 3 : Optimisation de la quantité d'ammoniac

Annexe 4 : Accidentologie des installations de réfrigération

Annexe 5 : Tableaux d'analyse préliminaire des risques (APR)

Annexe 6 : Bonnes pratiques et mesures de sécurité

Annexe 7 : Evaluation des mesures de maitrise des risques

Annexe 8 : Caractérisation de l'intensité - version PHAST 8.22

Annexe 9 : Analyse détaillés des risques (ADR)

Annexe 10 : Répartition de charge d'ammoniac

Annexe 11 : Schéma de principe frigorifique

Annexe 12 : Principe de ventilation de la SDM

Annexe 13 : Répartition des zones à risques

Annexe 14 : Etude d'implantation de la détection NH3

Annexe 15 : Complément CO2

Atlantic Refrigeration Consulting

Annexe 1

Description des installations de réfrigération à l'ammoniac

Frédéric LE BRONNEC
07/02/2025

Table des matières

Glossaire **3**

1. Principe d'une installation de réfrigération – Ammoniac et autres fluides frigorigènes 4

1.1. Principes 4

1.2. Schéma de principe d'une installation de réfrigération 6

1.3. Fluides frigorigènes 6

1.4. Pressions et température de l'ammoniac dans le cycle 8

2. Différents types d'installations de réfrigération fonctionnant avec l'ammoniac 9

2.1. Systèmes mono-étagés ou bi-étagés 9

2.1.1. Système mon-étagés 9

2.1.2. Système bi-étagés 10

2.2. Position du condenseur 10

2.3. Système direct ou indirect coté froid 10

2.4. Différents types d'installations de réfrigération ammoniac 11

2.4.1. Classement suivant les températures d'évaporation 11

2.4.2. Classement suivant le système de distribution des fluides 11

2.4.3. Classement suivant le mode de condensation 12

2.4.4. Classement suivant le nombre d'étages de compression 12

2.4.5. Classement par type d'installation (8 applications principales) 12

2.5. Quelques caractéristiques importantes 19

2.5.1. Quantité totale d'ammoniac 19

2.5.2. Répartition entre les installations HP, MP et BP 19

2.5.3. Rechargement en ammoniac 19

2.5.4. Débits d'ammoniac dans le circuit HP et BP 20

3. Caractéristiques des principaux équipements 21

3.1. Compresseurs 21

3.1.1. Principe des compresseurs 21

3.1.2. Séparateur d'huile 22

3.1.3. Sécurité sur le compresseur 22

3.2. Condenseur 23

3.2.1. Condenseur à air 23

3.2.2. Condenseur adiabatique à médias 24

3.2.3. Condenseur évaporatif 24

3.2.4. Condenseur à eau 24

3.3. Purgeur d'incondensables 24

3.4. Réservoir de liquide HP 25

3.5. Détendeur 25
3.6. Séparateur de liquide MP 25
3.7. Séparateur de liquide BP 26
3.8. Evaporateur 26
3.8.1. Principe 26
3.8.2. Dégivrage 27
3.8.3. Aéroréfrigérant 27
3.9. Systèmes de distribution de l'ammoniac 27
3.9.1. Systèmes à détente directe 27
3.9.2. Systèmes à détente indirecte 28

Glossaire

AFF	Association Française du Froid
APR	Analyse Préliminaire de Risques
BARPI	Pureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels
BP	Basse Pression
EDD	Etude de Dangers
ERC	Evènement Redouté Central
ERP	ERP Etablissement Recevant du Public
HP	Haute Pression
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
MMR	Mesure de Maîtrise des Risques
MP	Moyenne Pression
NC	Niveau de Confiance
PhD	Phénomène Dangereux
POI	
PPRT	Plan de Prévention des Risques Technologiques
SEI	Seuil des Effets Irréversibles
SEL	Seuil des Effets Létaux
SELS	Seuil des Effets Létaux Significatifs
SIL	Safety Integrity Level
TMD	TMD Transport de Marchandises Dangereuses
USNEF	USNEF Union Syndicale Nationale des Exploitations Frigorifiques

1. Principe d'une installation de réfrigération – Ammoniac et autres fluides frigorigènes

ⓘ Cette annexe décrit le principe des installations de réfrigération à l'ammoniac et donne des informations sur les équipements constituant les installations.

Les informations sont issues de différents documents (dont réf. [1], [2], [3]) et d'échanges avec l'AFF.

1.1. Principes

Une installation de réfrigération doit assurer le maintien d'un milieu à une basse température. La température requise varie en fonction des utilisations finales qui peuvent être variées (stockage, entreposage de denrées, pistes de patinoire, refroidissement de réacteurs en chimie…). L'installation est soumise à autorisation au titre des installations classées.

On regroupe les installations en trois grandes catégories :

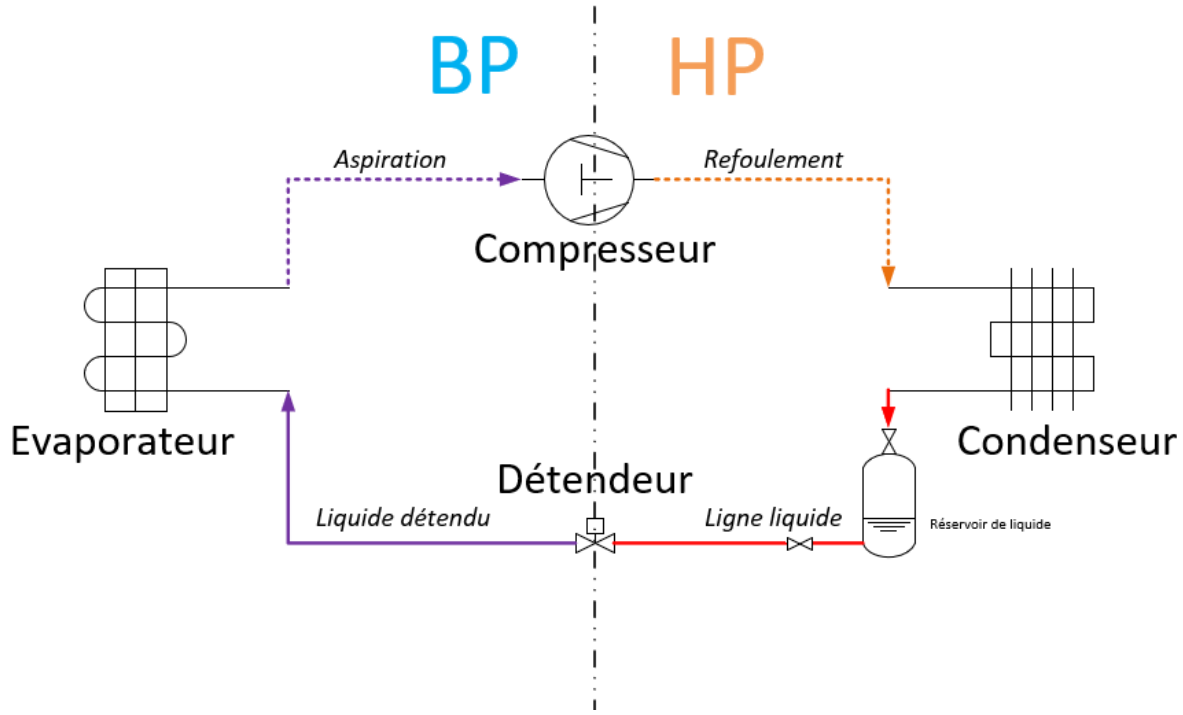
Utilisation	Systèmes	Température requise
Surgélation / Congélation	Basse ou moyenne température	-50°C à -25°C
Réfrigération (négative)	Haute température	-10°C à 0°C
Réfrigération (positive)	Très haute température	> 0°C

On s'intéresse dans ce guide aux installations de réfrigération fonctionnant avec de l'ammoniac comme fluide frigorigène mais il existe d'autres fluides qui sont utilisables en fonction des températures requises.

L'ammoniac présente l'avantage de couvrir tout le champ des températures d'utilisation. C'est un fluide naturel qui n'a pas d'impact sur le réchauffement climatique ou la couche d'ozone. Il existe cependant des freins à son développement du fait notamment de son caractère toxique et de son caractère faiblement inflammable. Cette annexe présente d'autres fluides utilisables en fonction des besoins de froid. La réduction du risque à la source peut conduire à mettre en œuvre des systèmes multi-fluides combinant ammoniac et autres fluides jugés moins dangereux, selon le contexte.

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

Le schéma de principe d'une installation est représenté figure suivante :



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

Evaporateur : la température d'évaporation du fluide doit être plus basse que celle du milieu à refroidir ; selon les températures de froid à maintenir le côté BP du système sera de 0,7 bar abs à 5 bars abs ; à noter qu'en phase d'arrêt d'installation, l'ammoniac est ramené dans le ballon séparateur et la pression est celle correspondante à la température ambiante, soit environ 8 bars abs.

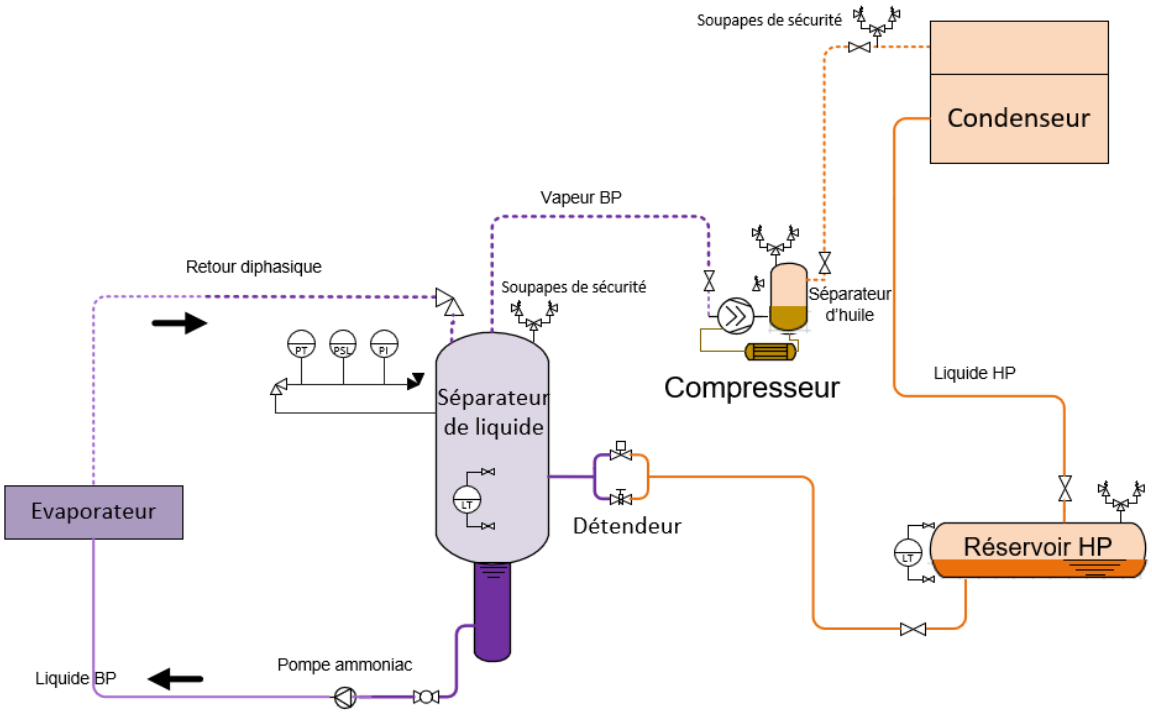
Condenseur : la température de condensation doit être plus élevée que celle du milieu constituant la source chaude. Selon les sources de refroidissement (eau ou air) et les saisons (température de l'air variable), la pression côté HP sera de 8 bars abs à 13,5 bars abs.

Compresseur : le fluide est comprimé dans un compresseur en recevant de l'énergie ; la pression et la température de fin de compression permettent d'assurer ensuite l'échange avec la source chaude au niveau du condenseur.

Détenteur : le fluide est détendu ; sa pression diminue ; il commence à se vaporiser.

1.2. Schéma de principe d'une installation de réfrigération

Le schéma ci-dessous présente un exemple d'installation de réfrigération à l'ammoniac.



1.3. Fluides frigorigènes

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

- Thermodynamiques, thermiques et technologiques ;
- Écologiques vis-à-vis de l'environnement ; les effets des fluides frigorigènes sur l'environnement se mesurent par deux paramètres :
    - La capacité de destruction de la couche d'ozone : ODP (Ozone Depletion Potential) ;
    - Le réchauffement climatique : GWP (Global Warming Potential) ;
- De sécurité vis-à-vis des personnes et des biens.

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

Les fluides de synthèse (CFC, HCFC, HFC) sont apparus beaucoup plus tard, dans les années 1930 jusqu'à maintenant encore pour les fluides de nouvelle génération :

- Les Chlorofluorocarbures (CFC) : R11, R12, R502… ;
- Les Hydro Chlorofluorocarbures (HCFC) : R22… ;
- Les Hydrofluorocarbures (HFC) : R134a, R404A, R407C ou R410A.
- Les HFO.

Suite aux Protocole de Montréal (1987) et de Kyoto (1997), l'usage des fluides à base de chlore (CFC et HCFC) a été progressivement limité à cause de leur impact sur la couche d'ozone et sur le réchauffement climatique. Or la part des HCFC dans les installations est importante, comme le montre le tableau ci-dessous :

Fluide	Répartition
HCFC	45%
Ammoniac (R717)	45%
CO2 (R744)	10%

De nombreuses installations sont donc en cours de conversion posant ainsi la question des fluides de substitution. Les HFC présentent un fort taux GWP et ne sont donc pas recommandés à long terme. Ils font l'objet d'une nouvelle réglementation européenne[1] qui prévoit leur interdiction progressive.

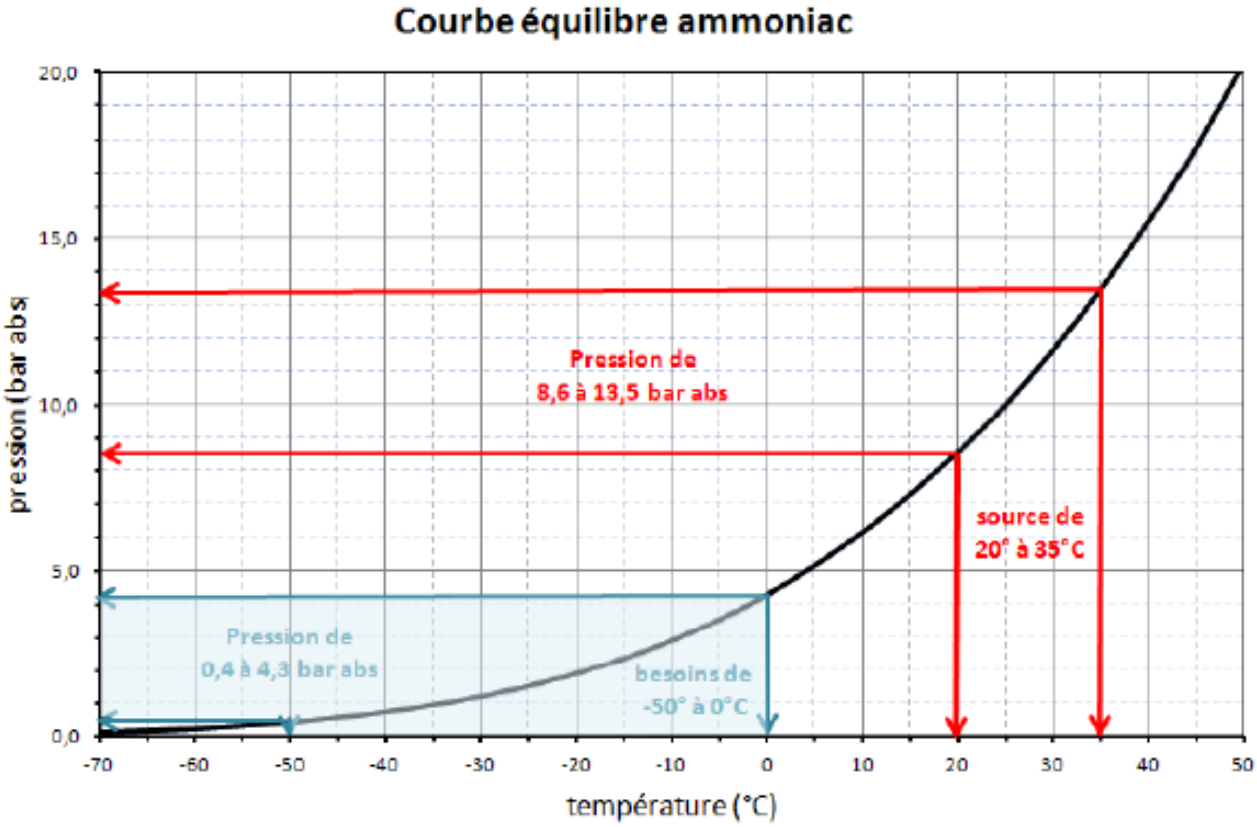
Pour limiter les quantités d'ammoniac, les installations peuvent être composées de différents circuits : circuit primaire et circuits secondaires avec des fluides différents adaptés aux besoins. On parle aussi d'installations en cascade.

1.4. Pressions et température de l'ammoniac dans le cycle

Comme précisé précédemment, le choix des caractéristiques du cycle frigorifique (pressions et températures) dépend des températures de la source froide et de la source chaude. La figure ci-dessous représente la courbe d'équilibre de l'ammoniac.

Pour des besoins de -50°C à 10°C, la pression côté BP est de 0,5 bar abs à 5 bars abs.

Pour des températures de fluide côté source chaude (eau ou air) de 18°C à 35°C, la pression côté BP est de 8 à 13,5 bars abs.



2. Différents types d'installations de réfrigération fonctionnant avec l'ammoniac

Les installations de réfrigération à l'ammoniac se distinguent par plusieurs aspects :

- Systèmes monoétagés ou bi-étagés ;
- Position du condenseur ;
- Systèmes directs ou indirects.

2.1. Systèmes mono-étagés ou bi-étagés

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

2.1.1. Système mono-étagés

Ces systèmes trouvent des applications dans les domaines suivants :

2.1.1.1. Systèmes mono-étagés à détente sèche

Ces systèmes trouvent des applications dans les domaines suivants :

- Froid domestique et commercial ;
- Petit industriel (jusqu'à 50 kW frigorifique).

2.1.1.2. Système mono-étagés à recirculation

Ces systèmes trouvent des applications dans les domaines suivants :

- Froid industriel positif ;
- 100 kW – 1 MW frigorifique.

2.1.1.3. Systèmes mono-étagés à frigoporteurs

Ces systèmes trouvent des applications dans les domaines suivants :

- Froid industriel positif et grosse climatisation ;
- 100 kW – 1 MW frigorifique ;
- Ratio classique : 1-2 kg de fluide par kW frigorifique.

2.1.2. Système bi-étagés

2.1.2.1. Systèmes bi-étagés à injection partielle ou totale et distribution par pompe

Ces systèmes trouvent des applications dans les domaines suivants :

- Froid industriel négatif (-40°C), chambres froides, certains surgélateurs (dont plaques) ;
- 100 kW – 1 MW.

2.1.2.2. Autres systèmes

Des systèmes avec un seul compresseur avec admission à deux niveaux de pression (BP et MP) ; on parle dans ce dernier cas de système « superfeed ».

2.2. Position du condenseur

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

- Des condenseurs de type aéro (fonctionnant par refroidissement par air éventuellement couplé avec de l'eau) sont nécessairement à l'extérieur ; l'inconvénient majeur de cette configuration est que les effets sont majorés en cas de fuite. Une des pratiques de réduction du risque est de confiner ces condenseurs en changeant de fluide (eau exclusivement utilisée à la place de l'air) ou a minima de capoter les collecteurs d'entrée et sortie d'ammoniac (cf. annexe 3) ;

- Des condenseurs fonctionnant par refroidissement par eau : ces condenseurs peuvent être installés à l'intérieur de la salle des machines.

2.3. Système direct ou indirect coté froid

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

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

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

2.4. Différents types d'installations de réfrigération ammoniac

Les installations peuvent être classées selon différents critères tels que température d'évaporation, système de distribution de l'ammoniac, mode de condensation, nombre d'étages de compression et bien entendu selon les différentes applications. L'ammoniac, utilisé comme fluide frigorigène, est confiné en permanence à l'intérieur des circuits du système ci avant référencé de l'installation frigorifique dont l'ensemble peut être classé comme suit, (*en fonction du référentiel guide retour d'expérience SEI/BARPI EDO 389 de février 1995*).

2.4.1. Classement suivant les températures d'évaporation

Systèmes	Températures (°C)	Applications
T1 – Basse température	< -35 à -50	Surgélation
T2 – Moyenne température	-20 à -35	Stockages surgelés
T3 – Haute température	> -20 à +5	Réfrigération
T4 – Très haute température	To > +10, Tk < +70	P.A.C. haute température

2.4.2. Classement suivant le système de distribution des fluides

D1 - Détendeur thermostatique ou électronique : système peu utilisé dans l'industrie, mais pouvant avoir des applications en groupe de refroidissement de liquide, P.A.C. et installations commerciales ou petits industriels (abattoirs).

D2 - Par gravité : à partir de bouteilles BP alimentées par détendeur à flotteur, le débit circulant peut être de 6 à 8 fois le débit vaporisé, la pression est sensiblement la même que la pression d'évaporation, les tuyauteries de liaison ont des diamètres équivalents. Toutes les applications qui suivent sont généralement confinées dans des bâtiments.

- De nombreuses chambres froides de petites et moyennes dimensions renferment des évaporateurs à ailettes alimentés par gravité par des bouteilles individuelles (chambres à fruits, abattoirs).
- Evaporateurs de tunnels de réfrigération ou de congélation alimentés par bouteilles individuelles (tunnels à yaourts, lits fluidisés, etc.).
- Evaporateurs immergés dans des bacs à eau glacée ou saumure alimentés par bouteille de surchauffe (laiteries, fabriques de glace, etc.).
- Evaporateurs multitubulaires alimentés par détendeur à flotteur (refroidisseurs d'eau ou d'eau glycolée pour brasseries, etc.).

D3 - Par pompe basse pression : à partir d'une bouteille alimentaire dont le liquide est détendu par un détendeur à flotteur HP ou BP, le débit de liquide de la pompe est de 4 à 10 fois le débit vaporisé et la pression de refoulement est de 3 à 4 b supérieure à la pression d'aspiration. Les tuyauteries de liaison peuvent être longues, de diamètres importants, et sont confinées dans les bâtiments. Certaines sections peuvent circuler à l'air libre sur un portique. Les applications sont de plus en plus nombreuses (tunnels de réfrigération ou de congélation, armoires à plaques de congélation, grandes chambres froides).

2.4.3. Classement suivant le mode de condensation

C1 - Par voie aérienne :

- Condenseur à air : il est installé à l'extérieur sauf dans le cas des P.A.C., le condenseur et le sous-refroidisseur sont alors intégrés dans le procédé.
- Evapo-condenseur (extérieur) : le réservoir se situe généralement en sortie de liquide.

C2 - Par eau :

- Condenseur multitubulaire horizontal (à l'extérieur ou à l'intérieur).
- Condenseur vertical à ruissellement (extérieur).

2.4.4. Classement suivant le nombre d'étages de compression

E1 - Groupes à un seul étage : écart de température (Tk - T0) inférieur à 50°K.

E2 - Groupes à 2 étages : écart de température (Tk - T0) supérieur à 50°K.

2.4.5. Classement par type d'installation (8 applications principales)

Différents exemples de schémas mono-étagés ou bi-étagés sont présentés ci-dessous. La nature des circuits dépend des besoins de froid. *Selon le guide AFF (cf. réf. [1])*, il existe 7 grands types d'installation correspondant à 7 applications.

- **A1** : refroidisseur de liquide (toutes industries agroalimentaires, climatisation…)
- **A2** : pistes de patinage
- **A3** : bac à glace ou eau glacée (laiteries, climatisation...)
- **A4** : chambres à produits réfrigérés
- **A5** : chambres à produits congelés
- **A6** : chambres et systèmes de réfrigération
- **A7** : chambres et systèmes de congélation

Points communs sur la partie HP

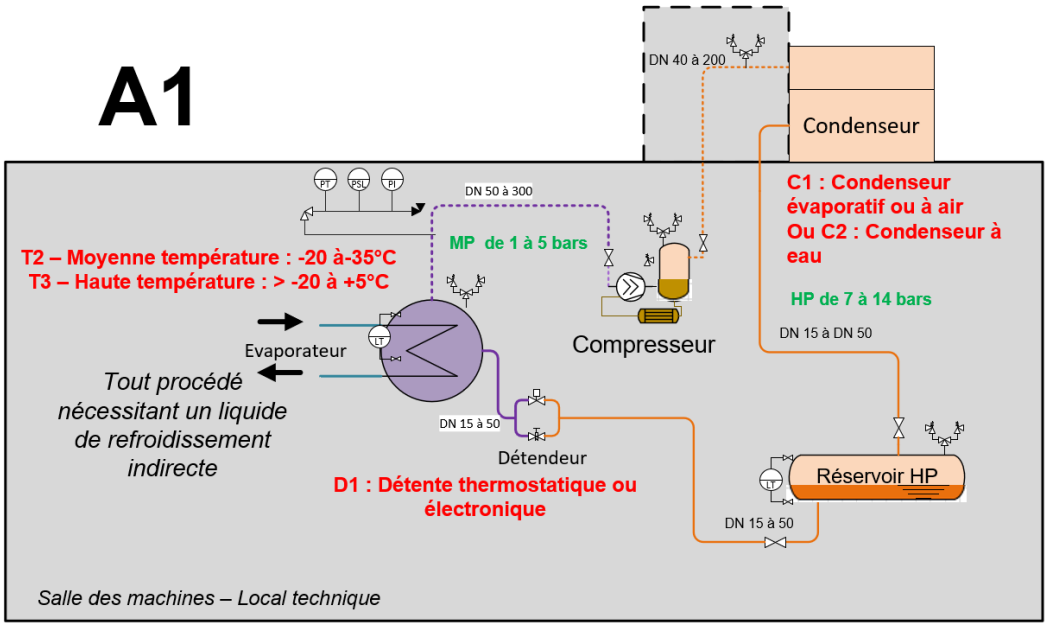
Un compresseur mono-étagé est suffisant pour assurer la montée en pression. En pratique, la pression au refoulement du compresseur peut-être plus élevée que celle indiquée sur les schémas, pour assurer la condensation en période de chaleur ; ainsi, en été, la pression au refoulement du compresseur peut atteindre 13,5 bars abs (correspondant à une température d'équilibre de +35°C).

Les schémas font apparaître des condenseurs évaporatifs ou de type multitubulaire ; ces derniers tendent à disparaitre pour être remplacés par des échangeurs à plaques. Ceux-ci permettent de limiter la quantité d'ammoniac présente dans l'installation.

Le condenseur peut se trouver dans la salle des machines s'il s'agit d'un échangeur multitubulaire ou à plaques ; dans le cas d'un condenseur évaporatif, il est nécessairement à l'extérieur de la salle des machines.

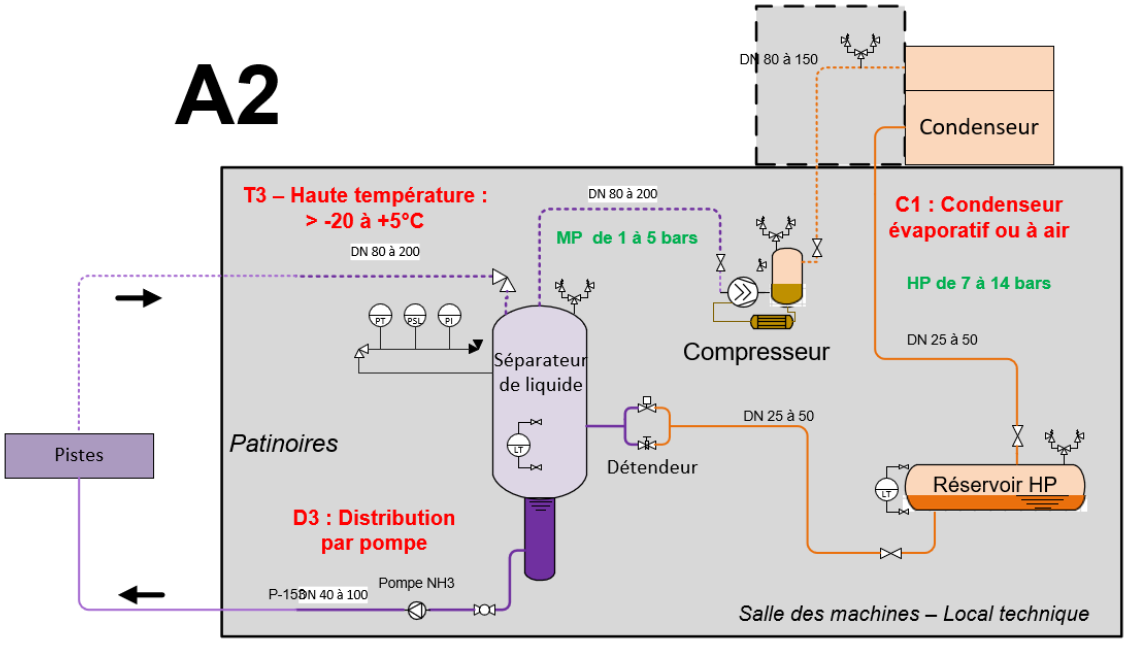
Le réservoir de liquide HP ne se trouve pas dans toutes les configurations. Elle tend à disparaitre, ce qui réduit la quantité d'ammoniac HP dans les installations.

A1 : refroidisseur de liquide (toutes industries agroalimentaires, climatisation…)



L'évaporateur se situe dans la salle des machines. A l'heure actuelle se sont des installations en monobloc avec des charges d'ammoniac très réduites.

A2 : pistes de patinage

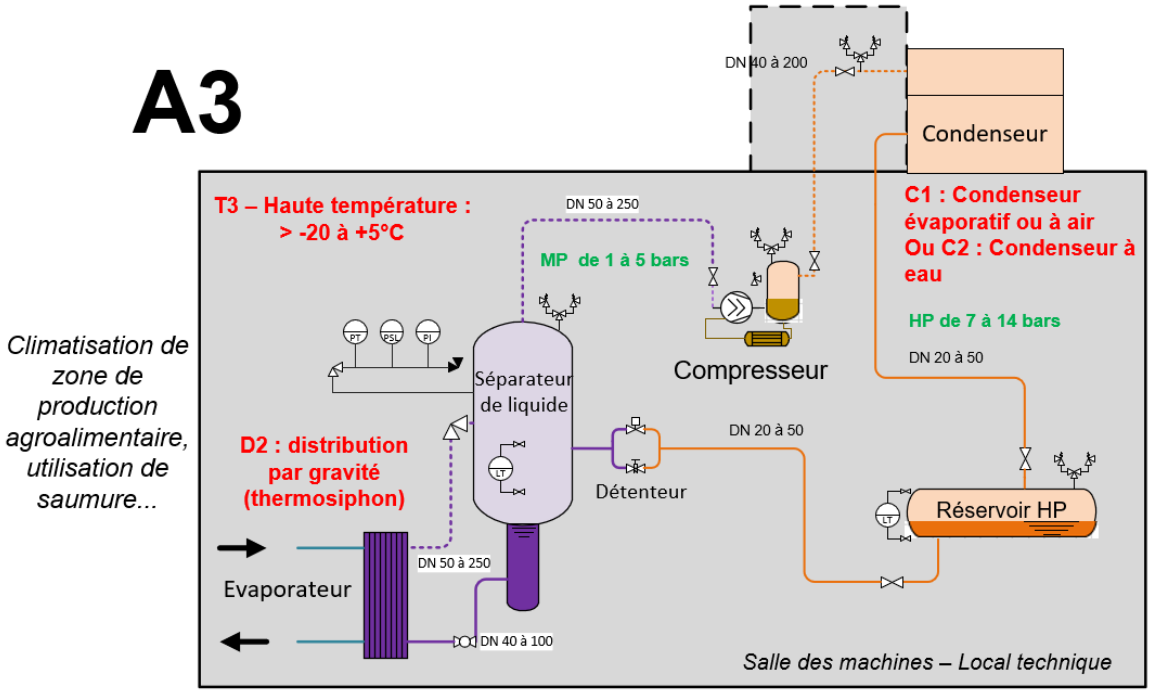


Le schéma des pistes de patinage est proche du schéma classique relatif aux chambres à produits réfrigérés. L'utilisateur (piste de patinage) est situé à l'extérieur de la salle des machines. Les pistes sont alimentées en ammoniac via une pompe en aval de la bouteille BP.

L'ammoniac n'étant pas confiné à la salle des machines, des fuites sont possibles le long des cheminements de tuyauteries ou au niveau des utilisateurs.

Note : cette configuration tend à disparaître, l'ammoniac étant remplacé par un autre fluide (alcali ou eau glycolée). Selon la quantité d'ammoniac, ce schéma peut ne pas être autorisé par la norme NF EN 378 (limitation de la charge en cas d'évaporateur dans des zones occupées).

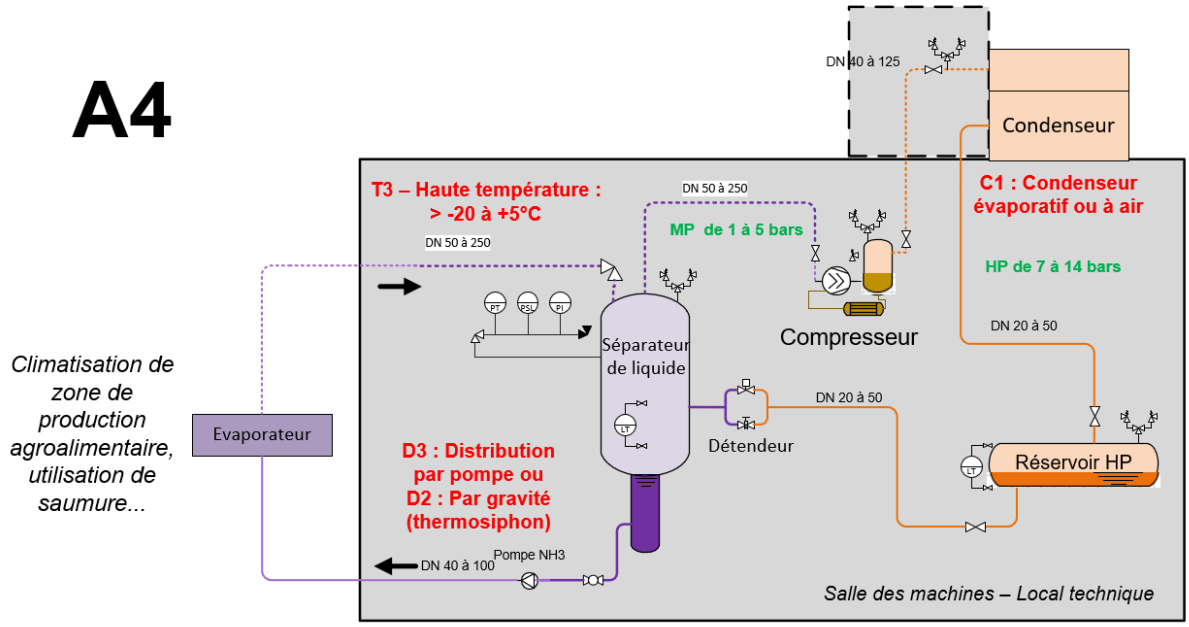
A3 : bac à glace ou eau glacée (laiteries, climatisation...)



Ce schéma fait apparaître des échangeurs côté utilisateurs de type « bacs à glace ou eau glacée » (composés de « herses ») qui tendent à disparaitre pour être remplacées par des échangeurs à plaques ou des ruisseleurs (plaques ouvertes). Ces derniers permettent ainsi de limiter la quantité d'ammoniac présente dans l'installation. Les percements de tubes sur les « herses » (identifiés dans l'accidentologie) sont ainsi évités.

L'évaporateur se situe dans la salle des machines.

A4 : chambres à produits réfrigérés

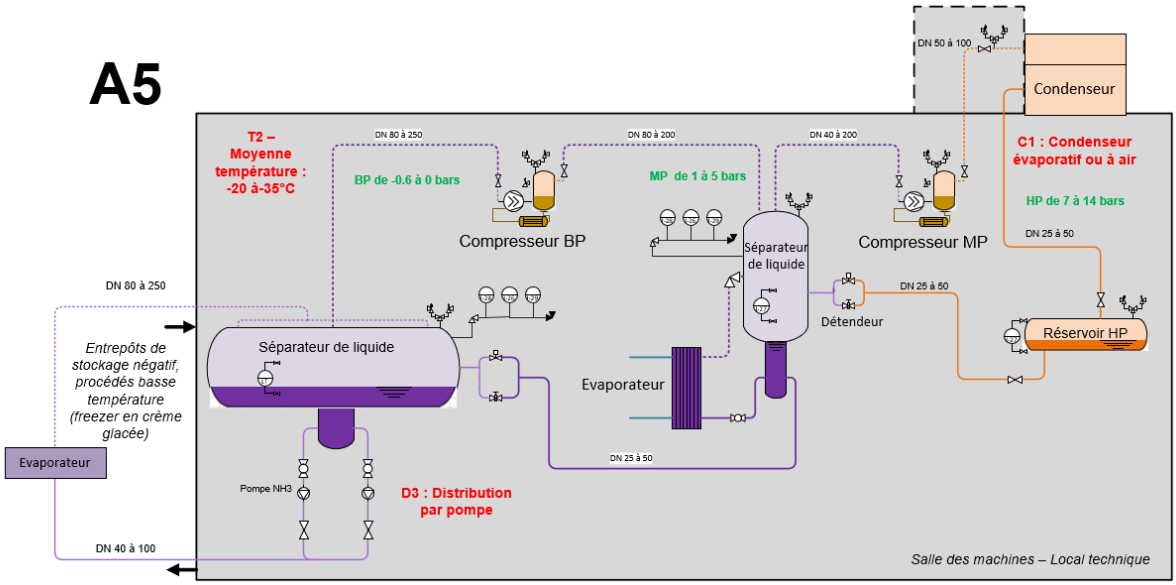


Ce schéma est une configuration classique dans lequel les utilisateurs (chambres froides) sont situés à l'extérieur de la salle des machines. Ils sont alimentés en ammoniac via une pompe en aval de la bouteille BP.

L'ammoniac n'étant pas confiné à la salle des machines, des fuites sont possibles le long des cheminements de tuyauteries (souvent en combles techniques) ou au niveau des utilisateurs.

La préoccupation de réduction du risque à la source peut conduire dans les configurations critiques en termes d'enjeux à une modification progressive de ces systèmes avec passage en système indirect (Système à l'eau glycolée).

A5 : chambres à produits congelés

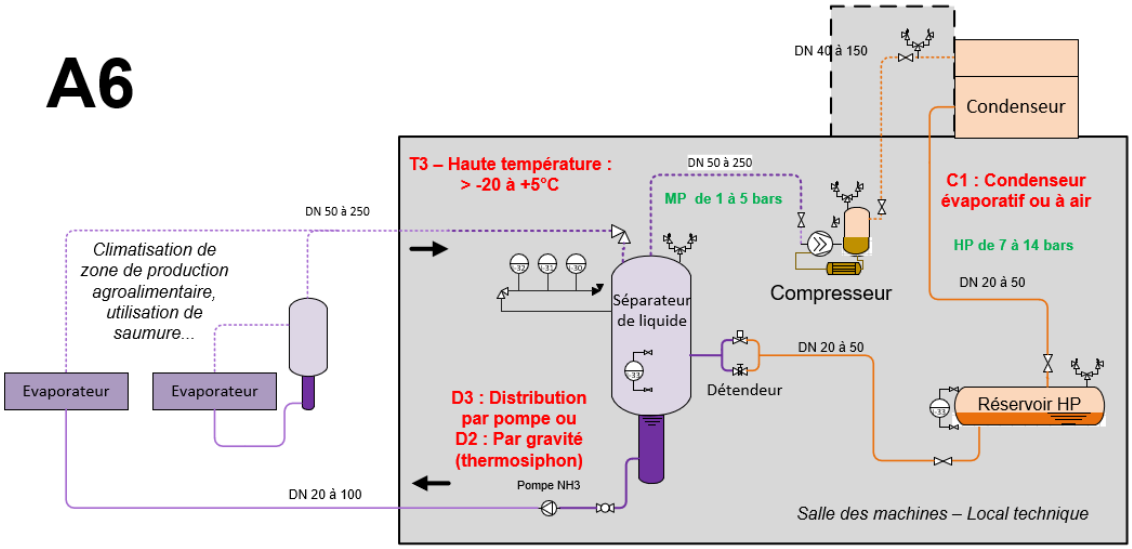


Ce schéma est un schéma classique dans lequel les utilisateurs (chambres froides) sont situés à l'extérieur de la salle des machines. Ils sont alimentés en ammoniac via une pompe en aval de la bouteille BP. L'ammoniac n'étant pas confiné à la salle des machines, des fuites sont possibles le long des cheminements de tuyauteries (souvent en combles techniques) ou au niveau des utilisateurs.

La volonté de réduction du risque à la source conduit à une modification progressive de ces systèmes avec passage en systèmes indirects.

Des systèmes dits « superfeed (économiseur) » permettent d'assurer le taux de compression avec un seul niveau de compression ; dans ce cas, le compresseur est alimenté à deux niveaux de pression : BP et MP.

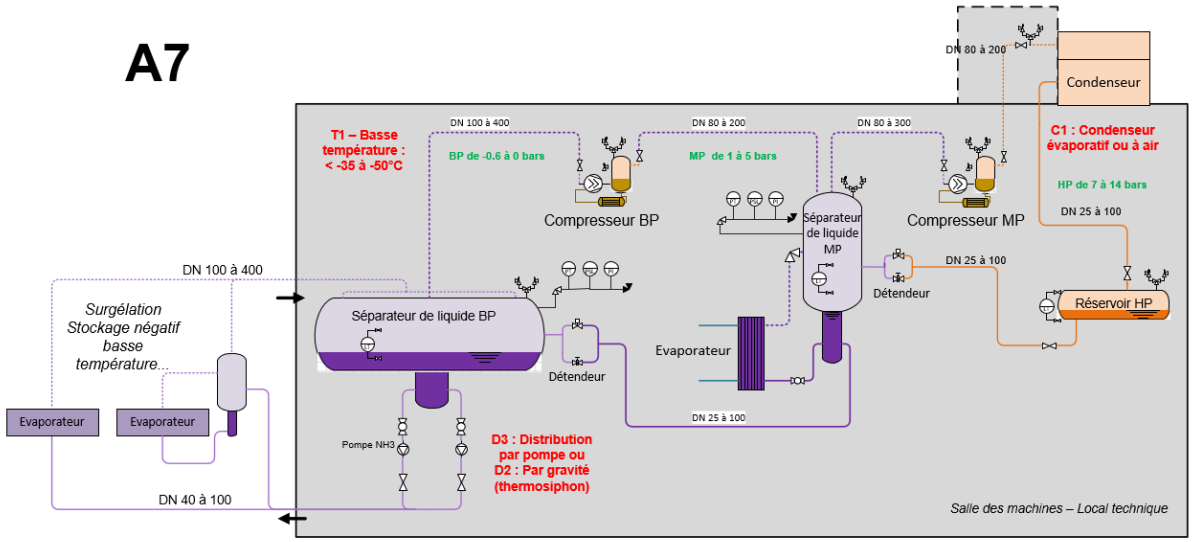
A6 : chambres et systèmes de réfrigération



Ce schéma n'est plus utilisé actuellement car il met en œuvre des échangeurs noyés directement alimentés par des bouteilles BP locales ; ces bouteilles sont alors à l'extérieur de la salle des machines. L'ammoniac n'est pas confiné dans la salle des machines et des quantités relativement importantes peuvent se situer dans les bouteilles locales.

La volonté de réduction du risque à la source conduit à la suppression de ces systèmes.

A7 : chambres et systèmes de congélation



Ce système est identique au précédent A5 dans son principe. La position verticale ou horizontale de la bouteille ne dépend que de la géométrie de la salle des machines et des contraintes d'installation / exploitation.

La volonté de réduction du risque à la source conduit à une modification progressive de ces systèmes avec passage en systèmes indirects.

Un 8ème groupe « A8 » constitué par les pompes à chaleur air/air à haute températures n'est pas schématisé ici.

Le tableau de synthèse suivant reprend toutes les installations visées ci-dessus en y associant les différents critères de classement présentés.

Application	Evaporation	Distribution	Condensation	Etages
A1	T2 ou T3	D1	C1 ou C2	1 ou 2
A2	T3	D3	C1	1
A3	T3	D2	C1 ou C2	1
A4	T3	D2 ou D3	C1	1
A5	T2	D3	C1	2
A6	T3	D2 ou D3	C1	1
A7	T1	D2 ou D3	C1	2
A8	T4	D1	C2	1 ou 2

2.5. Quelques caractéristiques importantes

Ce chapitre présente des valeurs guides de caractéristiques des installations. Elles sont fournies pour apporter des éléments de comparaison et de réflexion avec l'installation étudiée. Les valeurs réelles sont à adapter au cas par cas.

2.5.1. Quantité totale d'ammoniac

Les installations de réfrigération d'ammoniac contiennent des quantités de plus en plus réduites d'ammoniac, dans un objectif de réduction du risque à la source.

Il y a une trentaine d'années, des installations (telles que des brasseries) pouvaient contenir plusieurs dizaines de tonnes d'ammoniac. A ce jour plus de 90% des installations contiennent moins de 3,5 tonnes d'ammoniac. Il reste encore des systèmes avec de grandes quantités d'ammoniac. La durée de vie de telles installations est de 30 à 40 ans.

Un ratio de 2 à 2,5 kg d'ammoniac par kW frigorifique (pour un besoin de froid à -25°C) est usuel dans les installations et correspond à une installation bien conçue. Ce ratio (moyen) est différent selon les installations :

- En particulier, il augmente lorsque la température des besoins diminue : pour des besoins de -10°C, le ratio est de l'ordre de 0,5 à 1 kg par kW frigorifique ;
- Il diminue dans le cas d'installations en cascade (utilisant partiellement d'autres fluides que l'ammoniac).

2.5.2. Répartition entre les installations HP, MP et BP

Un ordre de grandeur de la répartition d'ammoniac dans les différentes parties du système est donné dans le tableau ci-dessous :

Pressions	Répartition massique d'ammoniac
HP	5%
MP	10%
BP	85%

Tableau 3 : Ordre de grandeur de la répartition de l'ammoniac dans une installation.

Ceci est une généralité, il conviendra d'étudier précisément la répartition de la charge d'ammoniac pour l'étude.

2.5.3. Rechargement en ammoniac

Les opérations usuelles d'exploitation des installations (vidange d'huile tous les 15 jours à 1 mois, purge des incondensables[2], nettoyage des filtres à huile des compresseurs…) conduisent à des opérations de rechargement d'ammoniac sur les installations.

Le taux de rechargement d'ammoniac annuel « normal » est de l'ordre de 3% de la quantité maximale d'ammoniac. Le rechargement est effectué classiquement tous les ans ou tous les 2 ans. La procédure de rechargement est généralement effectuée en connectant une bouteille de 43 kg à l'installation, via un flexible.

Le taux dépend des technologies retenues :

- Sur les nouvelles installations, l'huile est réintégrée de manière automatique vers le compresseur, ce qui limite la quantité d'ammoniac perdue ;

- Les installations fonctionnant à des pressions basses (exemple des installations de production de glace) peuvent avoir des entrées d'air plus importantes. L'utilisation de désaérateurs avec purges automatiques permet de limiter la quantité d'ammoniac perdue, sous réserve d'un bon réglage. A défaut, le taux de rechargement peut atteindre 15%.

Le poste de chargement comprend une prise avec un robinet (avec vanne à contrepoids) et un raccord en attente. Mais la position de ce poste varie d'une installation à l'autre. Le raccord permet la liaison par flexible (diamètre < 25 mm) à une bouteille d'ammoniac liquide (43 kg). Un clapet anti-retour est installé côté installation (pour éviter le retour d'ammoniac de l'installation vers les bouteilles).

Note : pour le remplissage initial de l'installation, des containers d'ammoniac (450 kg) sont généralement utilisés.

2.5.4. Débits d'ammoniac dans le circuit HP et BP

Le débit dans la partie HP du système est déterminé par le débit du compresseur. Ce débit varie selon les installations. L'ordre de grandeur est de 0,1 à 0,5 kg/s (soit de 360 à 1800 kg/h).

Le débit dans la partie BP du système est déterminé par le débit des pompes de circulation à l'aval des bouteilles BP. Ce débit varie selon les installations. L'ordre de grandeur du débit est de 0,5 à 1,5 kg/s (soit de 1800 à 5400 kg/h).

3. Caractéristiques des principaux équipements

3.1. Compresseurs

3.1.1. Principe des compresseurs

L'objectif des compresseurs est :

- D'aspirer les vapeurs formées dans l'évaporateur ;
- De comprimer le gaz jusqu'à la pression de condensation ;
- De refouler les vapeurs jusqu'au condenseur.

Il existe deux grandes catégories de compresseurs : les volumétriques et les centrifuges. Les compresseurs centrifuges ne sont pas utilisés pour l'ammoniac. Seuls sont utilisés les compresseurs volumétriques qui peuvent être à pistons, à vis et à spirales ou à palettes.

Selon les installations, ces compresseurs sont équipés d'un système de régulation de puissance.

Selon le taux de compression requis, la compression pourra s'effectuer en un ou deux étages. Si l'écart de pression entre la « basse pression » et la « haute pression » est de plus de 14 bars, deux étages de compression peuvent être requis, selon la technologie des compresseurs :

- Un compresseur à vis simple étage peut être utilisé ; mais un refroidissement de l'huile sera nécessaire (forte montée en température) ;
- Deux étages sont théoriquement nécessaires pour des compresseurs à pistons. Mais des systèmes dits « superfeed » existent dans lesquels le seul compresseur est alimenté en deux niveaux : un étage BP et un étage MP.

Lorsque l'installation fonctionne en HP flottante en régulation, la pression au refoulement est variable selon la température de bulbe humide. Cette régulation permet d'optimiser le rendement des installations.

Un groupe compresseur (cf. réf. [1]) est un ensemble comprenant un compresseur, son moteur d'entrainement et des accessoires, pré-assemblés en usine sur un châssis commun. On trouve trois types de compresseurs :

- **Motocompresseur hermétique** (carter étanche, non démontable… ; pas de parties mobiles sortant du carter) ;
- **Motocompresseur hermétique** accessible (carter étanche avec des joints boulonnés permettant le démontage en service ; de parties mobiles sortant du carter) ;
- **Motocompresseur ouvert** : le compresseur et le moteur ne sont pas dans le même carter. Il y a donc une garniture d'étanchéité à la sortie du compresseur. Ces compresseurs sont employés dans les industries de moyenne ou grande puissance (installation industrielle, tunnel de surgélation…). L'entrainement est assuré par un accouplement entre le compresseur et son moteur qui peut être :
    - Soit direct (nécessite un alignement précis) ;
    - Soit par transmission par courroie à l'aide de poulies.

3.1.2. Séparateur d'huile

Un séparateur d'huile est une capacité se trouvant au refoulement du compresseur et permettant de séparer l'huile utilisée pour la lubrification du compresseur et le fluide frigorigène. Cette séparation est nécessaire pour l'ammoniac car ce fluide est peu miscible avec l'huile.

Cependant l'huile ne peut pas être totalement séparée ; elle se retrouve partiellement dans le circuit frigorifique.

Un refroidisseur d'huile est indispensable pour refroidir l'huile qui s'échauffe dans le compresseur, en particulier pour les compresseurs à vis (qui tournent très vite). Le refroidissement peut être de 4 types :

- Par injection directe du fluide frigorigène sur le compresseur ;
- Par un échangeur refroidi par l'air ;
- Par un échangeur refroidi par l'eau ;
- Par un échangeur refroidi par le fluide frigorigène ou thermo-siphon.

3.1.3. Sécurité sur le compresseur

Les principales sécurités sur un compresseur sont les pressostats BP et HP, une soupape sur le séparateur d'huile, un pressostat différentiel de pression d'huile.

La réglementation relative aux compresseurs est constituée de trois textes en vigueur :

L'arrêté du 15 janvier 1962 (modifié en 1966 et 1983) : « réglementation des compresseurs volumétriques » ; y sont soumis les compresseurs d'ammoniac lorsque les conditions suivantes sont requises :

- Pression refoulement Pr > 10 bars ;
- Et produit « pression refoulement » par « débit de refoulement en m3/minute » : Pr x Vr > 50 bars.m3/minute.

Les marches conventionnelles sont :

- Aspiration P0 = pression de saturation à -10°C ;
- Refoulement PMS = pression de saturation à +40°C.

Les organes de sécurité suivants doivent être présents :

- Manomètres en aval de chaque étage et au refoulement ; si de plus le compresseur n'aspire pas à la pression atmosphérique, il doit être muni d'un manomètre de contrôle de la pression d'aspiration et d'un dispositif signalant toute diminution dangereuse de cette pression ;
- Organe de sécurité limitant la pression (soupapes…) ;
- Dispositif approprié pour éviter l'apparition d'une surpression dangereuse dans les carters des compresseurs à piston et assurer éventuellement l'évacuation du débit de fluide susceptible de pénétrer dans ces carters ;

Note : par ailleurs, la norme NF EN 378 conseille le pressostat haute pression.

D'autre part, si les compresseurs aspirent plus de 2 m³/mn, ils doivent satisfaire aux conditions ci-après :

- « a) Le taux de compression volumétrique de chaque étage ne doit pas dépasser 4 ; […
- c) Le refoulement doit être équipé d'un refroidisseur déshuileur ; […]
- e) Si le refroidissement intermédiaire ou final est réalisé à l'eau et en l'absence d'un dispositif thermostatique d'arrêt, il doit être conçu et aménagé de façon que le personnel de conduite soit immédiatement averti de toute interruption de la circulation de l'eau. »

L'arrêté du 25 avril 1979 : « interdiction d'emploi de certains compresseurs frigorifiques » ; hormis les compresseurs hermétiques, les compresseurs frigorifiques volumétriques doivent être munis d'un dispositif anti-coup de liquide.

L'arrêté du 26 juillet 1962 : « réglementation des compresseurs autres que volumétriques ». Les compresseurs à l'ammoniac (volumétriques) ne sont pas concernés par ce texte.

3.2. Condenseur

L'objectif du condenseur est :

- D'évacuer la chaleur fournie par le compresseur et les évaporateurs ;
- De condenser l'ammoniac.

La condensation varie en fonction de la température ambiante. Ainsi, la pression est généralement régulée en fonction de la température ambiante, ce qui permet de réduire la pression lors des basses températures et d'améliorer le rendement de l'installation.

Les principales sécurités relatives au condenseur sont des sécurités visant à vérifier la marche du condenseur (niveau d'eau et marche pompe) et à limiter la surpression (soupapes).

- **Il y a trois types de condenseur** :
  - Condenseur à air sec ;
  - Condenseur adiabatique à médias ;
  - Condenseur évaporatif (air + eau) ;
  - À eau (généralement associé à une tour de refroidissement).

Le choix du mode de condensation dépend de différents facteurs (fluide utilisé, puissance de l'installation, conditions climatiques locales, fourniture et prix de l'eau).

3.2.1. Condenseur à air

Il s'agit d'échangeurs possédant des tubes à ailettes de petit diamètre intérieur (environ 15 mm).

Ces échangeurs présentent des inconvénients :

- Non confinement de l'ammoniac (l'échangeur est nécessairement placé à l'extérieur) ;

- Dimensionnement devant tenir compte de la température maximale de l'air en été (qui peut être importante), ce qui peut conduire à des pressions plus élevées qu'avec les autres types de condenseurs.

3.2.2. Condenseur adiabatique à médias

Les condenseurs adiabatiques à médias humidifiés sont de même technologie que les simples condenseurs à air. Ils ont une particularité de fonctionnement avec une humidification d'un média. L'humidification permet un refroidissement basé sur la température de bulbe humide de l'air.

3.2.3. Condenseur évaporatif

La condensation s'effectue dans un condenseur de type évaporatif à ruissellement d'eau refroidi par air.

Ces échangeurs présentent des inconvénients :

- Non confinement de l'ammoniac (l'échangeur est nécessairement placé à l'extérieur) ;
- Problème de légionellose possible.

3.2.4. Condenseur à eau

Les condenseurs à eau peuvent être de deux technologies :

- Échangeur à plaques ;
- Échangeur tubes et calandres

Ces échangeurs présentent l'avantage de pouvoir être installés à l'intérieur. Les échangeurs étant plus compacts, ils sont préférentiellement installés car ils permettent aussi de réduire la capacité d'ammoniac dans l'échangeur.

L'échange de chaleur se faisant avec de l'eau, la température de condensation est réduite avec ces échangeurs à eau.

Mais il est ensuite nécessaire de refroidir l'eau qui s'est échauffée en condensant l'ammoniac. L'eau est alors refroidie sur des aéroréfrigérants (système fermé) ou sur des tours de refroidissement (système ouvert avec problème de légionellose potentiel).

3.3. Purgeur d'incondensables

Des gaz incondensables s'accumulent dans la partie HP du circuit et conduisent à une montée en pression au condenseur et au refoulement du compresseur. Des purgeurs automatiques doivent assurer la purge du circuit sans rejet d'ammoniac.

3.4. Réservoir de liquide HP

Le réservoir de liquide HP, contenant le liquide sous « haute pression », est installée en aval du condenseur. Son rôle est d'assurer une capacité tampon entre la quantité provenant du condenseur et celle nécessaire à l'évaporateur pour la production de froid (cas d'absence de ballon séparateur BP).

Dans le cas particulier des compresseurs à vis, ce réservoir peut également être utilisé pour assurer le refroidissement d'huile.

Le réservoir de liquide HP présente un potentiel de danger important, la tendance actuelle est, dans la mesure du possible, de les supprimer.

3.5. Détendeur

Il s'agit d'un organe de détente avec un orifice calibré en fonction d'une puissance frigorifique, et destiné à faire passer le fluide frigorigène de la pression de condensation à une pression inférieure. Selon les installations, cette pression peut être :

- Une pression intermédiaire ou « moyenne pression » ;
- Une pression d'évaporation ou « basse pression ».

Le réglage de cet organe conditionne le fonctionnement des installations. Cet organe de détente peut être un détendeur, un régleur, un flotteur ou un purgeur. C'est un organe qui peut être de type électronique et associé à une régulation de niveau des séparateurs de liquide.

3.6. Séparateur de liquide MP

Il s'agit d'un réservoir de fluide frigorigène sous forme liquide et vapeur et se trouvant à « moyenne pression ». Il peut s'agir de :

- Une bouteille intermédiaire en cours de compression d'une installation à deux niveaux de compression ;
- Une capacité tampon pour distribution à température moyenne (réfrigération, climatisation…) ;
- Une capacité séparatrice liquide-vapeur ;
- Une bouteille de sur-alimentation pour une installation avec un compresseur à vis se nommant aussi « superfeed » ou « économiseur ».

Rôle : Assurer le sous refroidissement du liquide MP avant détente vers la BP. Cette bouteille assure également la séparation entre la phase liquide et la phase vapeur de l'ammoniac à l'intérieur de la capacité formée par la bouteille MP, afin de permettre aux compresseurs de n'aspirer que des vapeurs sèches par l'orifice économiseur. Assurer une réserve de liquide pour les systèmes fonctionnant en thermosiphon (flood).

3.7. Séparateur de liquide BP

La bouteille « basse pression » assure un rôle de capacité tampon pour la distribution par pompes en basse température (congélation, surgélation…). Elle assure une réserve de charge en cas de fluctuation de régime.

La bouteille BP est dimensionnée pour recueillir le volume total de liquide en fonctionnement normal et aussi en phase de maintenance.

Elle assure également la séparation liquide-vapeur. Elle permet d'éviter l'aspiration de liquides (y compris gouttelettes) au niveau du compresseur. Seules les vapeurs saturantes sont aspirées au compresseur.

Elle assure aussi la séparation de l'huile de l'ammoniac. L'huile s'accumule en fond des capacités. Une purge (manuelle avec robinet à contrepoids ou automatique avec retour à l'aspiration des compresseurs) permet de récupérer l'huile.

Un pot de récupération d'huile séparé du ballon peut exister si la pression dans le séparateur BP est inférieure à la pression atmosphérique.

3.8. Evaporateur

3.8.1. Principe

C'est un échangeur thermique dans lequel le fluide frigorigène liquide, après détente ou abaissement de sa pression partielle, est évaporé en prélevant de la chaleur dans un milieu à refroidir. Ce type de production de froid se nomme détente directe (échangeur ammoniac dans le milieu à refroidir, sans fluide intermédiaire).

Les évaporateurs sont de trois types :

- Ouverts (cubiques ou double flux) avec ou sans diffuseurs, sur les installations de réfrigération, les quais climatisés, les chambres froides de petite taille ;
- Fermés (caissons) pour les chambres froides de grande taille ;
- Refroidisseurs de fluide pour d'autres applications (multitubulaires, coaxiaux, plaques…). On trouve des échangeurs multitubulaires de trois types :
    - Les évaporateurs immergés : constitués de tubes lisses contenant l'ammoniac, reliés par des collecteurs, et immergés dans un bac en acier ou en béton ; l'accumulation de froid s'effectue par la formation de glace sur les tubes. La circulation d'eau permet la restitution du froid en fonction des besoins. Ces échangeurs contiennent une quantité importante d'ammoniac, ce qui tend à en réduire l'utilisation ;
    - Les évaporateurs multitubulaires « secs » ou « à surchauffe » ou « dry-ex » : l'ammoniac est vaporisé dans les tubes. Il se pose le problème de l'accumulation d'huile dans l'évaporateur, ce qui nécessite l'emploi d'huile miscible avec l'ammoniac ;

- Les évaporateurs multitubulaires « noyés » ou « à regorgement » : l'ammoniac circule dans la calandre ; un collecteur recueille les vapeurs et assure la séparation des gouttelettes avant envoi au compresseur. L'huile doit être purgée régulièrement par des robinets à contrepoids, des systèmes automatiques avec retour direct vers les compresseurs ou par des systèmes avec pot intermédiaire dans le cas où la pression dans l'évaporateur est inférieure à la pression atmosphérique.

3.8.2. Dégivrage

Les évaporateurs doivent être dégivrés. Il existe quatre types principaux de dégivrage : par air, par eau, par gaz chauds, électrique (cannes chauffantes ou air chaud à convection forcée).

3.8.3. Aéroréfrigérant

Il s'agit d'un échangeur thermique dans lequel circule un fluide frigoporteur préalablement refroidi et qui absorbe de la chaleur au milieu extérieur sans changement d'état (exemple : eau glycolée). Ce type de production de froid s'appelle « échange indirect ».

3.9. Systèmes de distribution de l'ammoniac

L'alimentation de l'évaporateur est assurée par deux types de systèmes :

- Les systèmes à détente directe : les évaporateurs « secs » ou « à surchauffe » sont directement alimentés en frigorigène par un détendeur placé à leur entrée ; une certaine surchauffe (3°C à 8°C) des vapeurs est assurée en sortie pour avoir de la vapeur sèche en sortie d'évaporateur ;
- Les systèmes à détente indirecte : le système est alimenté par thermosiphon ou pompes BP.

3.9.1. Systèmes à détente directe

Détendeur thermostatique

Ce système est constitué par un corps de robinet renfermant un orifice calibré obturé par un pointeau dont la position dépend de la pression d'aspiration et de la surchauffe du fluide frigorigène. Pour diverses raisons (difficulté de réglage, givrage important, mauvaises adaptations aux fluctuations de charge…), ce système est peu utilisé pour l'ammoniac.

Détendeur multi orifices

Le principe est le même que le détendeur thermostatique sauf qu'il est composé de trois orifices permettant une meilleure adaptation aux fluctuations de charges. Ce système est également peu utilisé pour l'ammoniac.

Détendeur électrique

La section de passage de l'orifice est constante mais les durées d'ouverture et fermeture sont gérées par un régulateur électrique en fonction des deux paramètres : température de surchauffe et température d'évaporation.

Ce type de détendeur permet une fluctuation des charges et sert aussi de robinet électrique d'arrêt.

Il est utilisé pour l'ammoniac mais une protection du compresseur (piège à liquide) est nécessaire et la récupération de l'huile est également requise.

Les applications sont :

- Évaporateurs refroidisseurs d'air ;
- Évaporateurs refroidisseurs de liquide de type intra tubulaire ;
- Évaporateurs à plaques.

3.9.2. Systèmes à détente indirecte

Par système thermosiphon gravitaire diphasique ou « regorgement »

Un ballon séparateur basse pression de liquide est placé en charge au-dessus des évaporateurs. Le liquide basse pression est envoyé dans les évaporateurs par une tuyauterie verticale ; les vapeurs et liquides en excès (mélange diphasique) retournent au séparateur. La séparation du liquide et des vapeurs est assurée dans le ballon séparateur.

Ce système nécessite que les différents évaporateurs soient situés dans une même enceinte, avec des charges thermiques identiques.

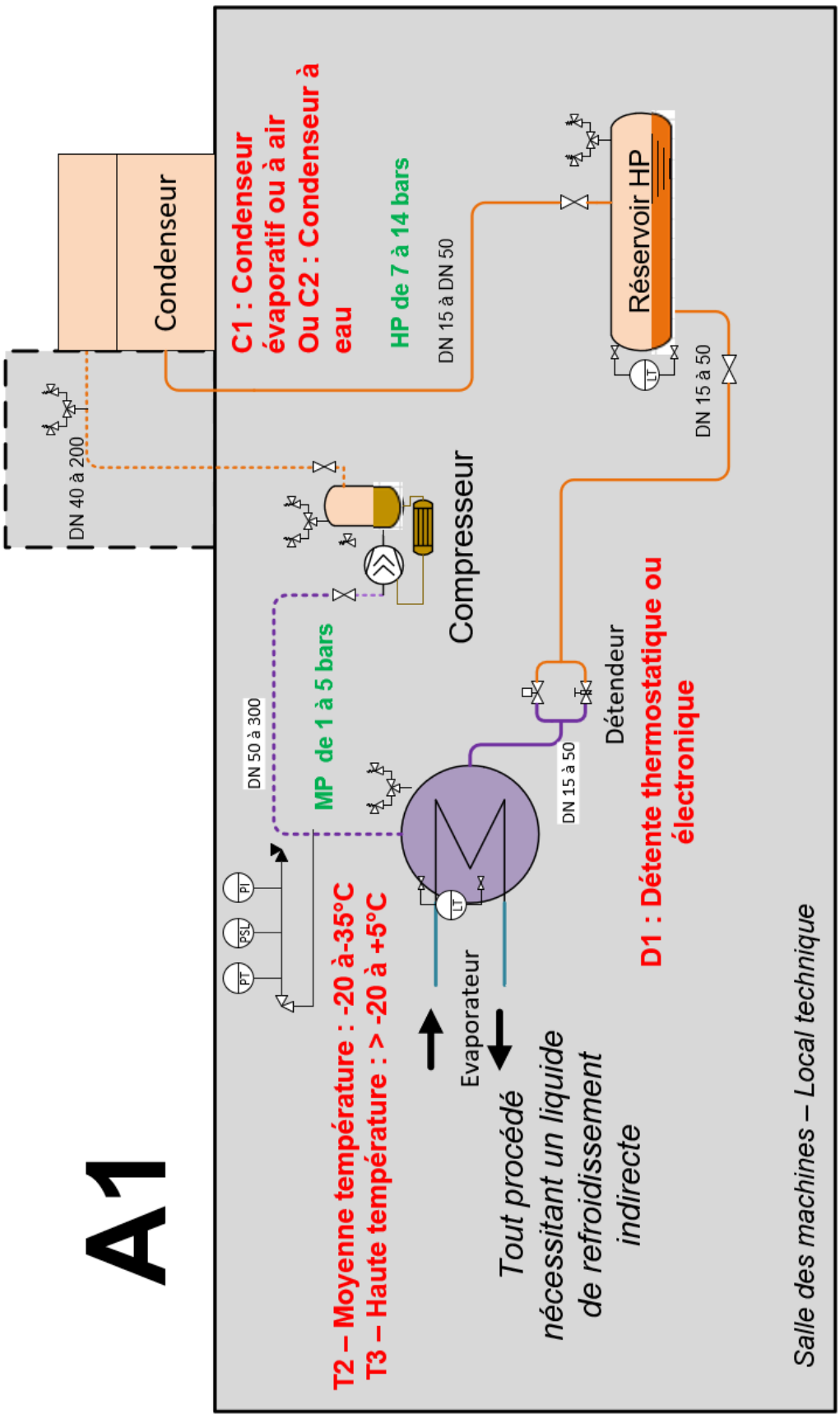
Il permet une bonne protection du compresseur contre les coups de liquide et permet de mouiller parfaitement la surface interne de l'évaporateur.

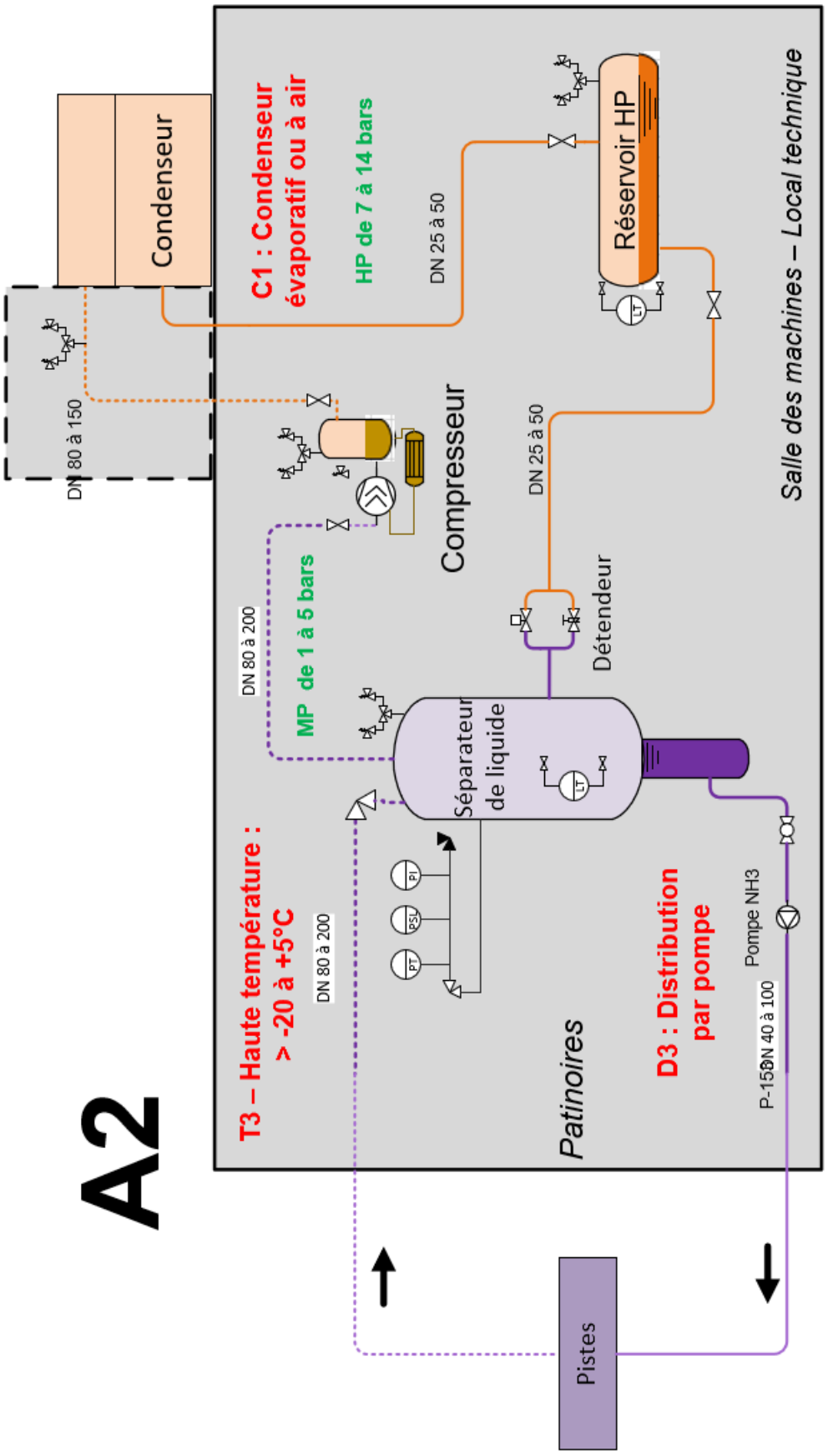
Ce système est usuel avec de l'ammoniac pour des utilisations en entrepôts frigorifiques, stations fruitières, tunnel de congélation et échangeurs à plaques refroidisseurs de liquides.

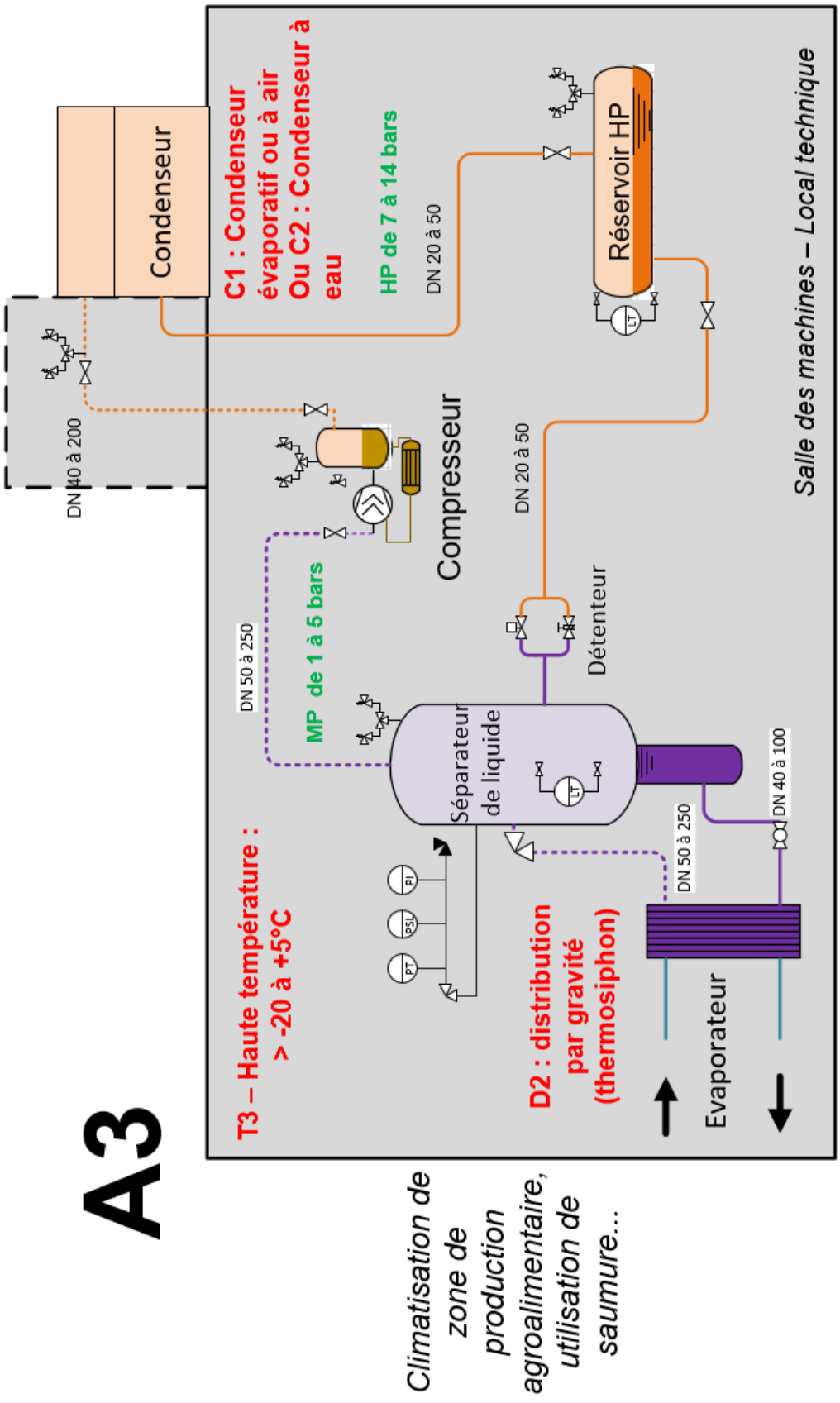
Par pompe BP

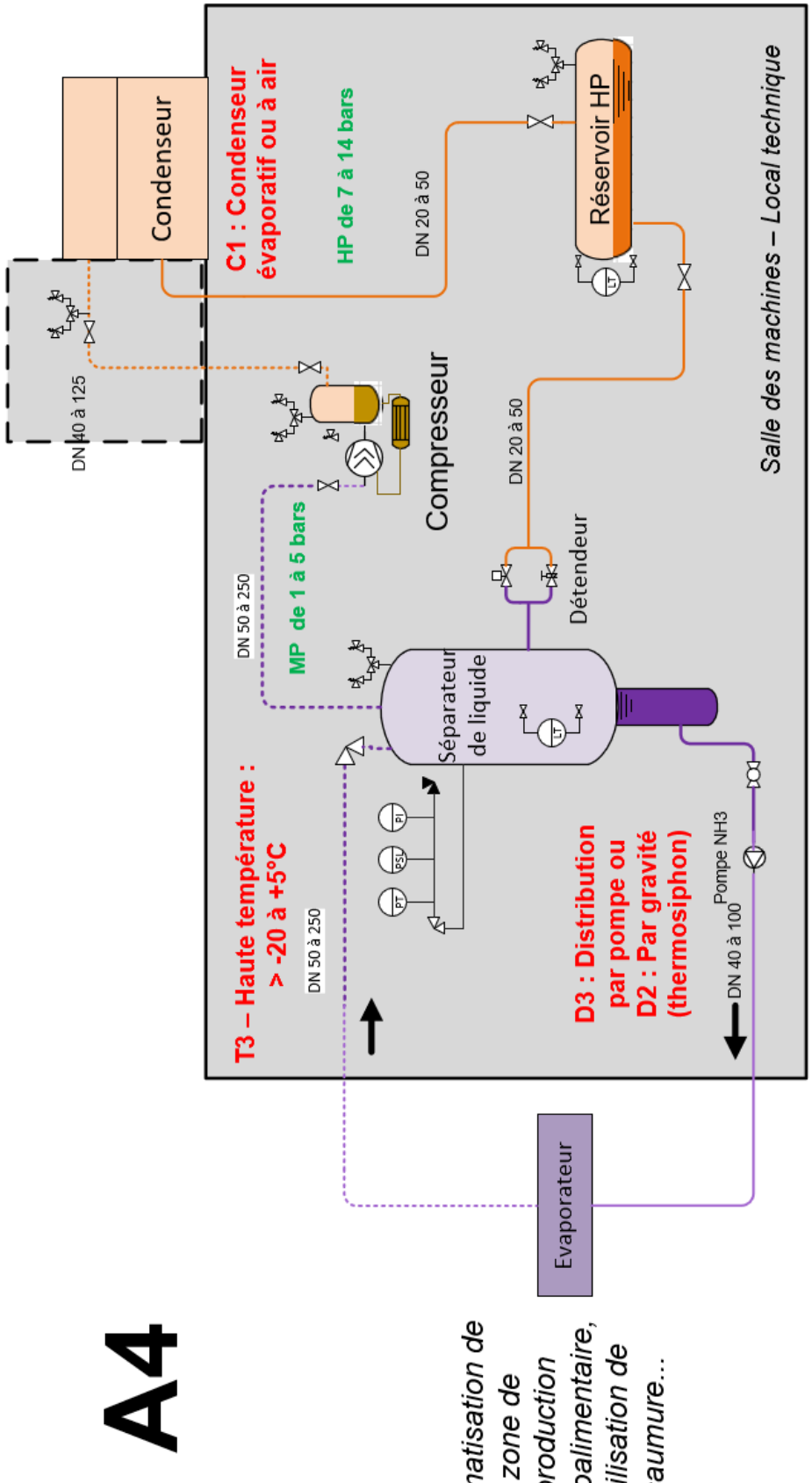
Comme dans le système thermosiphon gravitaire, un ballon séparateur basse pression alimente les évaporateurs mais l'alimentation n'est plus gravitaire mais est assurée par des pompes basse pression.

Ce système est très répandu dans les installations industrielles.


A1
Salle des machines – Local technique
Condenseur
C1 : Condenseur évaporatif ou à air
Ou C2 : Condenseur à eau
HP de 7 à 14 bars
DN 15 à DN 50
Réservoir HP
DN 15 à 50
DN 40 à 200
Compresseur
MP de 1 à 5 bars
DN 50 à 300
Détendeur
DN 15 à 50
D1 : Détente thermostatique ou électronique
T2 – Moyenne température : -20 à-35°C
T3 – Haute température : > -20 à +5°C
Evaporateur
Tout procédé nécessitant un liquide de refroidissement indirecte
PI
PSL
PT
LT
LT

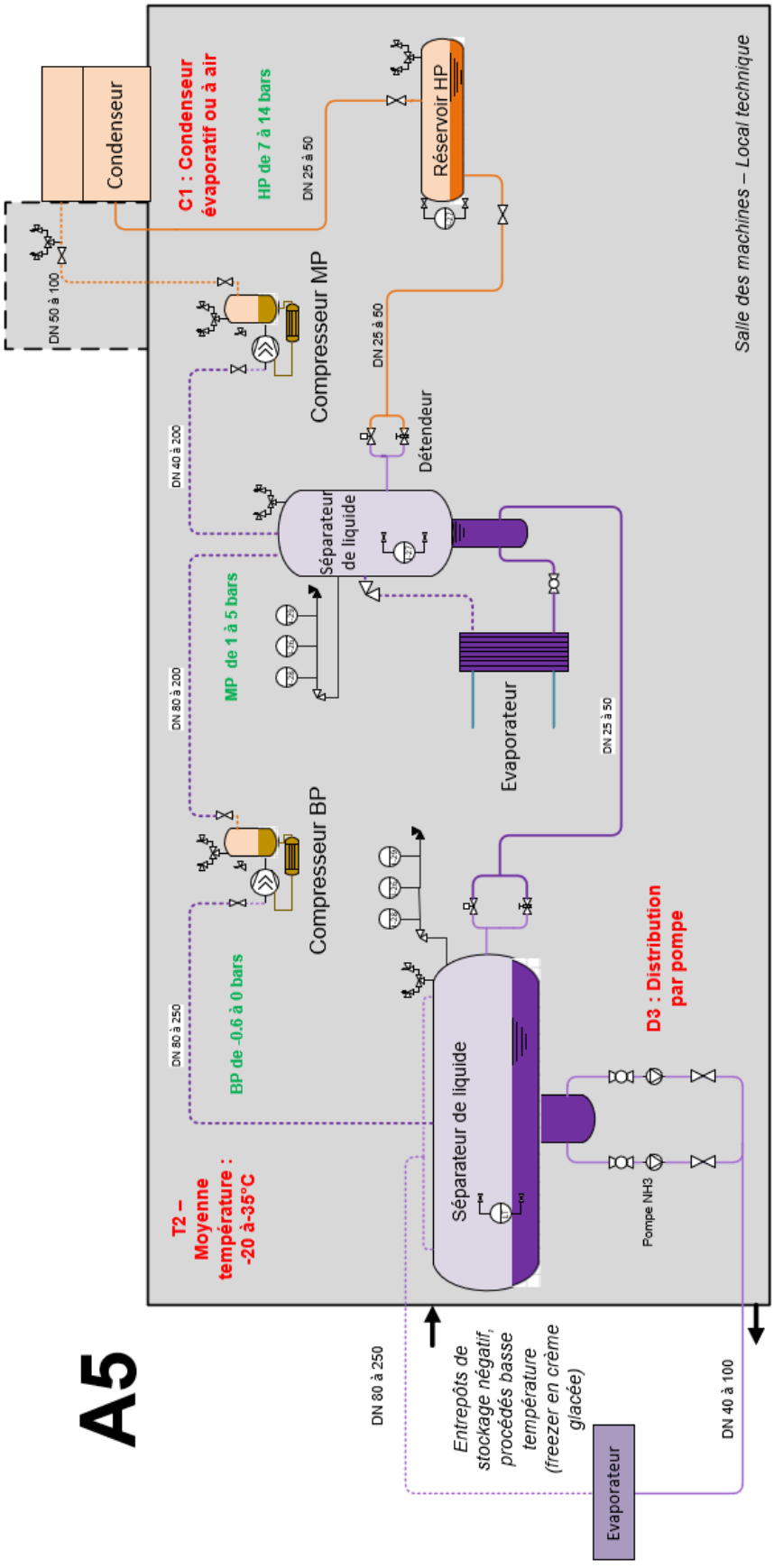

A2
Salle des machines – Local technique
Condenseur
C1 : Condenseur évaporatif ou à air
HP de 7 à 14 bars
DN 25 à 50
Réservoir HP
DN 80 à 150
Compresseur
DN 25 à 50
Détendeur
DN 80 à 200
MP de 1 à 5 bars
Séparateur de liquide
T3 – Haute température : > -20 à +5°C
DN 80 à 200
Patinoires
D3 : Distribution par pompe
Pompe NH3
DN 40 à 100
P-15
Pistes

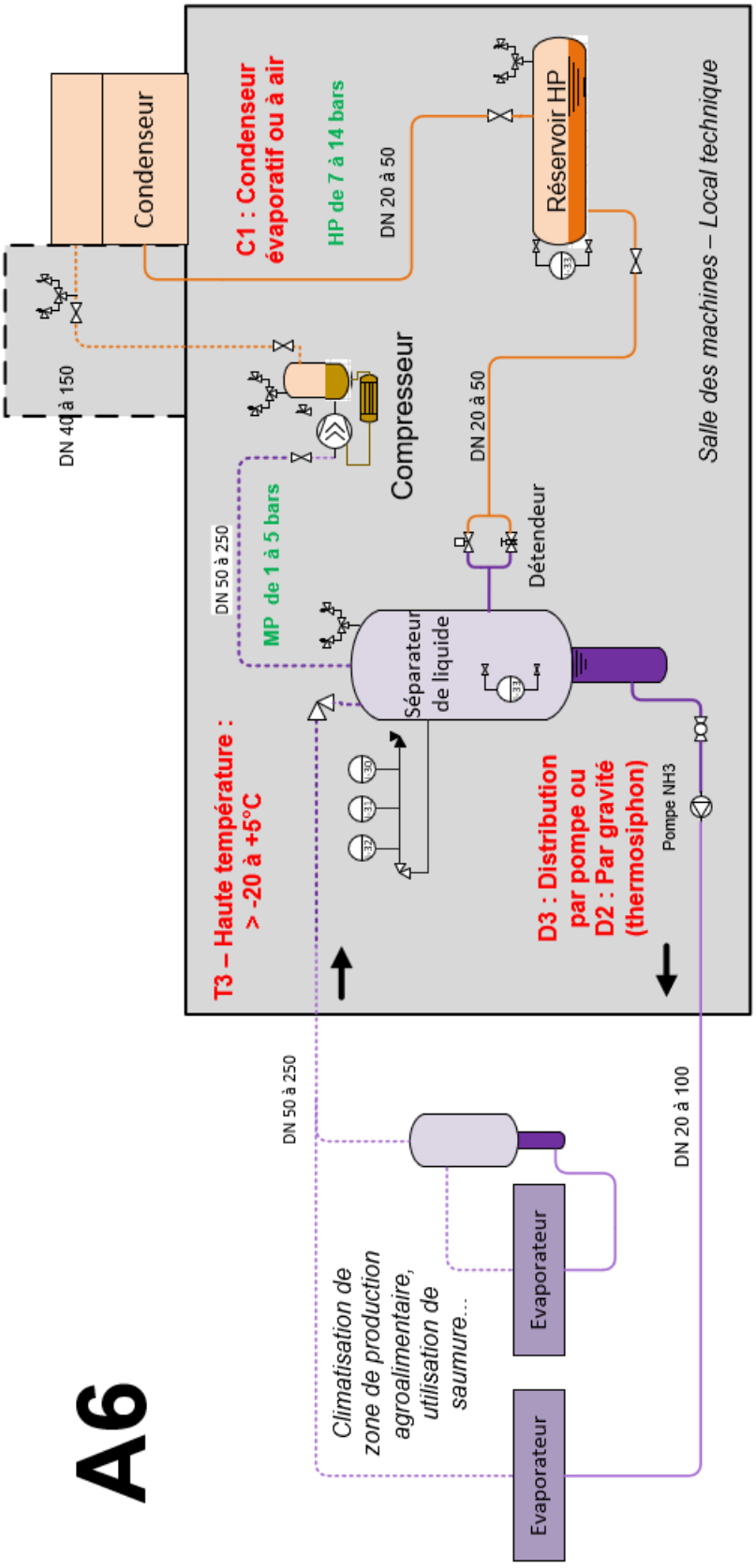

A3
Climatisation de zone de production agroalimentaire, utilisation de saumure…
Salle des machines – Local technique
Condenseur
C1 : Condenseur évaporatif ou à air
Ou C2 : Condenseur à eau
HP de 7 à 14 bars
DN 20 à 50
Réservoir HP
DN 40 à 200
Compresseur
DN 20 à 50
DN 50 à 250
MP de 1 à 5 bars
Détenteur
Séparateur de liquide
T3 – Haute température : > -20 à +5°C
D2 : distribution par gravité (thermosiphon)
DN 50 à 250
DN 40 à 100
Evaporateur

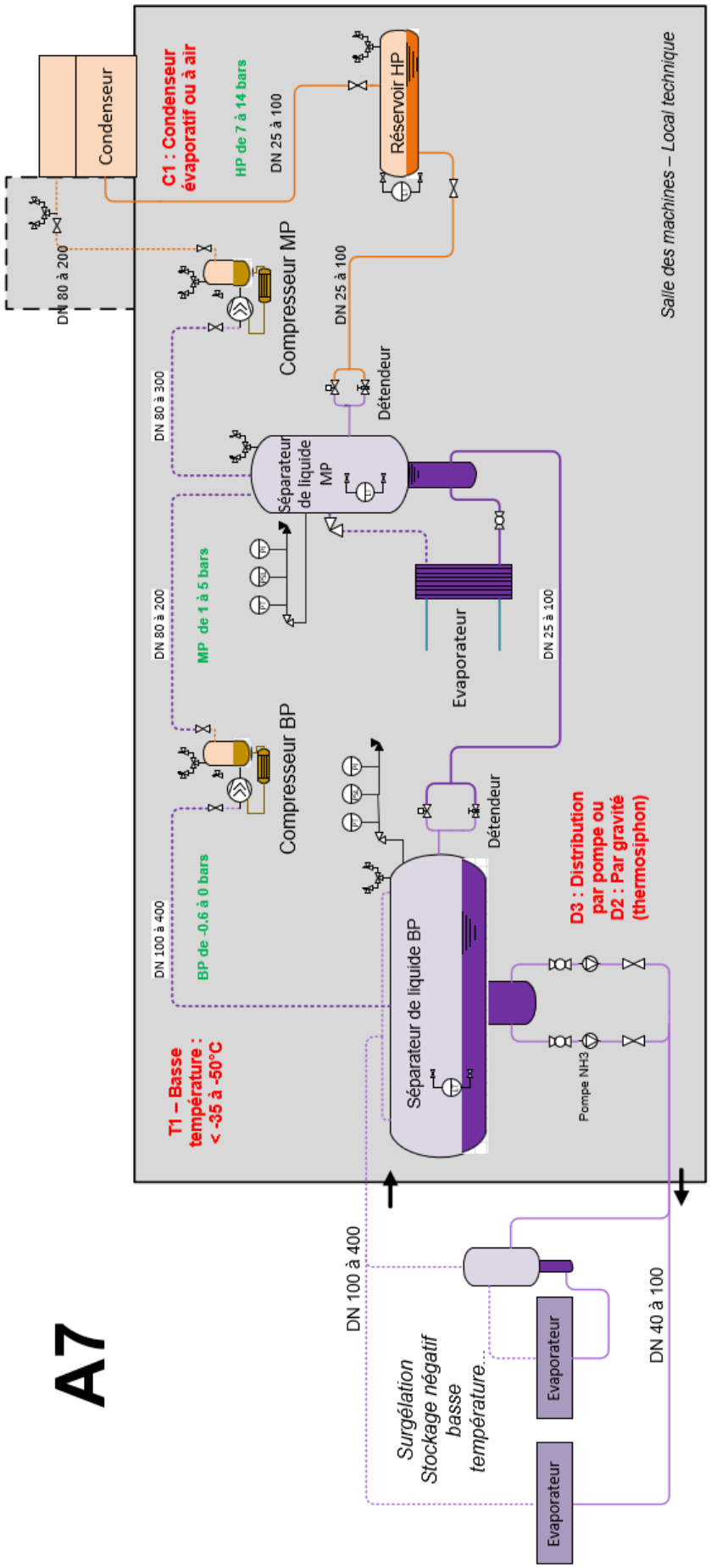


A4

Climatisation de zone de production agroalimentaire, utilisation de saumure…


A5
Salle des machines – Local technique
Condenseur
C1 : Condenseur évaporatif ou à air
HP de 7 à 14 bars
DN 25 à 50
Réservoir HP
DN 50 à 100
Compresseur MP
DN 25 à 50
Détendeur
DN 40 à 200
Séparateur de liquide
MP de 1 à 5 bars
DN 80 à 200
Evaporateur
DN 25 à 50
Compresseur BP
D3 : Distribution par pompe
DN 80 à 250
BP de -0,6 à 0 bars
Séparateur de liquide
Pompe NH3
T2 – Moyenne température : -20 à-35°C
DN 80 à 250
Entrepôts de stockage négatif, procédés basse température (freezer en crème glacée)
DN 40 à 100
Evaporateur


A6
Condenseur
C1 : Condenseur évaporatif ou à air
HP de 7 à 14 bars
DN 20 à 50
Réservoir HP
DN 40 à 150
Compresseur
DN 20 à 50
Salle des machines – Local technique
DN 50 à 250
MP de 1 à 5 bars
Détendeur
Séparateur de liquide
T3 – Haute température : > -20 à +5°C
D3 : Distribution par pompe ou D2 : Par gravité (thermosiphon)
Pompe NH3
DN 50 à 250
DN 20 à 100
Climatisation de zone de production agroalimentaire, utilisation de saumure...
Evaporateur
Evaporateur


A7
Condenseur
C1 : Condenseur évaporatif ou à air
HP de 7 à 14 bars
DN 25 à 100
Réservoir HP
DN 80 à 200
Compresseur MP
DN 25 à 100
Détendeur
Salle des machines – Local technique
DN 80 à 300
Séparateur de liquide MP
DN 80 à 200
MP de 1 à 5 bars
Evaporateur
DN 25 à 100
Compresseur BP
Détendeur
D3 : Distribution par pompe ou D2 : Par gravité (thermosiphon)
DN 100 à 400
BP de -0.6 à 0 bars
Séparateur de liquide BP
Pompe NH3
T1 – Basse température : < -35 à -50°C
DN 100 à 400
DN 40 à 100
Surgélation
Stockage négatif
basse température...
Evaporateur
Evaporateur

Atlantic Refrigeration Consulting

Annexe 2

Caractéristiques de l'ammoniac

Frédéric LE BRONNEC
07/02/2025

Table des matières

1. Propriétés chimiques de l'ammoniac 2
1.1. Introduction 2
1.2. Données thermodynamiques 2
1.3. Solubilité de l'ammoniac dans l'eau 3
1.4. Densité et masse volumique 3
1.5. Inflammabilité - Explosivité 3
1.5.1. Environnement humain 3
1.5.2. Température d'auto-inflammation 3
1.5.3. Energie minimale d'inflammation 4
1.5.4. Vitesse fondamentale de flamme 4
1.5.5. Agents extincteurs 4
1.6. Réaction avec des contaminants 4
1.6.1. Halogènes et interhalogènes 4
1.6.2. Métaux lourds 4
1.6.3. Oxydants et peroxydes 5
1.6.4. Acides 5
1.6.5. Autres aspects 5
1.6.6. Stabilité 5
2. Effets sur l'humain 6
2.1. Généralités 6
2.2. Toxicité aiguë 7
2.3. Toxicologie sur les lieux de travail 7
2.4. Synthèse des effets aigus chez l'humain par inhalation 8
3. Effets sur l'environnement 8

1. Propriétés chimiques de l'ammoniac

1.1. Introduction

L'ammoniac est identifié de la manière suivante :

Nom	Ammoniac anhydre
Numéro CAS	7664-41-7
Numéro CEE	007-001-00-5
Code de danger RTMD	268
Numéro ONU	1005
Formule chimique	NH_3
Masse molaire	17,03 g

Dans les conditions normales de température et de pression (c'est-à-dire à 25°C et à 1,013 bar), l'ammoniac se trouve à l'état gazeux. Il est incolore, plus léger que l'air et son odeur est vive.

1.2. Données thermodynamiques

Les principales données thermodynamiques de l'ammoniac sont les suivantes :

- Point de fusion = - 77,7°C
- Point d'ébullition = -33,4°C à 1,013 bar
- Pression de vapeur saturante en fonction de la température

Relation pression / température					
Température (°C)	-77,7	-33,3	0	20	30
Pression absolue (bars)	0.061	1,013	4,29	8,56	11,66

- Température critique = 132,4°C
- Pression critique = 114,8 bars
- Chaleur de fusion = 323,3 kJ/kg (à 1,013 bar)
- Chaleur de vaporisation = 1210 kJ/kg à -15°C et 1370 à -33,4°C
- Viscosité dynamique du liquide = 10,225 mPa.s à -33,4°C

1.3. Solubilité de l'ammoniac dans l'eau

L'ammoniac est très soluble dans l'eau. Le Tableau 6 renseigne la solubilité de l'ammoniac en fonction de la température [WHO, 1986] :

Solubilité de l'ammoniac dans l'eau				
Température (°C)	0	20	40	60
Solubilité (g/l)	895	529	316	168

Par ailleurs, cette dissolution de l'ammoniac dans l'eau est fortement exothermique : 2000 kJ par kg d'ammoniac dissous dans l'eau.

1.4. Densité et masse volumique

En phase gazeuse, l'ammoniac a une masse volumique de 0,772 kg/m3 à 0°C et de 0,610 kg/m3 à 20°C, soit une densité de 0,597 par rapport à l'air.

En phase liquide, la masse volumique de l'ammoniac est fonction de la température, tel que reporté dans le Tableau ci-dessous.

Masse volumique = f(T)										
Température (°C)	-40	-33,3	-20	-10	0	10	20	30	50	100
Masse volumique (kg/m³)	690	679	659	647	634	621	607	592	558	452

1.5. Inflammabilité - Explosivité

1.5.1. Environnement humain

Selon les sources, les limites d'explosivité peuvent varier légèrement mais il est généralement admis que la limite inférieure d'explosivité (ou LIE) est égale à 16% v/v et la limite supérieure d'explosivité (ou LSE) à 25% v/v4. Toutefois, une étude indique que la LIE peut être réduite de 4% v/v pour un aérosol d'huile et d'ammoniac comme, par exemple, dans le cas d'une fuite simultanée de lubrifiant [12].

1.5.2. Température d'auto-inflammation

La température d'auto-inflammation correspond à la température à partir de laquelle le mélange gazeux d'air et d'ammoniac est le siège d'une réaction d'oxydoréduction suffisamment rapide pour qu'une flamme apparaisse spontanément et se propage dans tout le mélange. Elle est habituellement prise à 650°C.

1.5.3. Energie minimale d'inflammation

L'énergie minimale d'inflammation, ou la quantité de chaleur minimale à mettre en jeu localement pour enflammer le mélange gazeux d'air et d'ammoniac, est plus délicate à quantifier. Cette énergie minimale d'inflammation peut varier de quelques dizaines à plusieurs centaines de mJ pour l'ammoniac.

1.5.4. Vitesse fondamentale de flamme

La vitesse fondamentale de flamme détermine la vitesse de propagation de la flamme. Pour un mélange gazeux constitué d'air et d'ammoniac à 23% v/v, cette vitesse fondamentale est de 0,07 m/s.

1.5.5. Agents extincteurs

Dès lors que de l'ammoniac liquide peut être localement présent, les agents extincteurs à utiliser sont uniquement le CO2 ou les poudres. En effet, le contact de l'eau sur l'ammoniac liquide communique de la chaleur à ce dernier et favorise sa vaporisation.

1.6. Réaction avec des contaminants

1.6.1. Halogènes et interhalogènes

Les halogènes (fluor, chlore, brome, iode) réagissent vivement sur l'ammoniac et ses solutions. Des réactions explosives peuvent également avoir lieu avec les produits suivants : acétaldéhyde, acide hypochloreux, ferricyanure de potassium. Il se produit des composés explosifs tels que les trihalogénures d'azote.

Par exemple ;

- Avec le chlore, Cl2, les mélanges sont explosifs s'ils sont chauffés ou si le chlore est en excès, à cause de la formation de trichlorure d'azote,
- Avec du pentafluorure de brome, BrF5, des explosions sont probables.

1.6.2. Métaux lourds

L'ammoniac est capable de réagir avec quelques métaux lourds (argent, or, mercure…) pour produire des matériaux qui peuvent exploser violemment quand ils sont séchés ;

- Avec du chlorure d'or, AuCl3, sous une large variété de conditions, la présence d'ammoniac conduit à des composés explosifs ou fulminants qui explosent quand ils sont chauffés,
- Avec les oxydes d'argent, AgO, Ag2O, il y a formation de composés explosifs,
- Avec du mercure, Hg, la réaction donne des produits qui sont fortement explosifs et qui détonent facilement. On ne doit pas utiliser d'instrument contenant du mercure si celui-ci peut entrer en contact avec de l'ammoniac [BIT, 1993].

1.6.3. Oxydants et peroxydes

L'ammoniac réagit sur de nombreux oxydes et peroxydes : le peroxyde de chlore à froid, l'anhydrique iodique à chaud, les perchlorates qui donnent lieu à une réaction violente vers 250°C. Le mélange d'un composé oxydant et d'ammoniac liquéfié peut exploser sous l'effet d'un choc.

Par exemple ;

- Avec le peroxyde d'hydrogène, H_2O_2, de l'ammoniac dissous dans 99,6% de peroxyde donne une solution instable qui explose violemment,
- Avec le chlorure de nitryle, $ClNO_2$, l'interaction est très violente, même à -75°C,
- Avec le difluorure de trioxygène, F_2O_3, la réaction peut causer des inflammations et des explosions, même à -183°C. Avec de l'ammoniac solide, il réagit pour donner des inflammations ou des explosions,
- Avec de l'oxygène, O_2, s'ils sont mis en contact dans un appareil réfrigérant, il peut y avoir une explosion. De plus, en présence d'ammoniac, l'oxygène peut accélérer ou provoquer de la corrosion.

1.6.4. Acides

Avec certains acides, des réactions violentes sont observés telles que :

- Avec l'acide hypochloreux pur, HClO, l'ammoniac sous forme gazeuse explose à son contact et libère du chlore,
- Avec l'acide nitrique, HNO_3, un jet d'ammoniac brûle dans une atmosphère d'acide nitrique.

1.6.5. Autres aspects

L'ammoniac peut aussi causer des réactions incandescentes, par exemple :

- Avec le bore, B, chauffé dans une atmosphère d'ammoniac sec,
- Avec l'anhydre chromique, CrO_3, l'ammoniac gazeux décompose le trioxyde sec avec incandescence à la température ambiante.

L'ammoniac peut également former des mélanges auto-inflammables :

- Avec l'acide nitrique, HNO_3,
- Avec le dichlorure de chromyle, CrO_2Cl_2, l'ammoniac peut être enflammé par ce produit.

1.6.6. Stabilité

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

2. Effets sur l'humain

2.1. Généralités

Concernant la toxicité de l'ammoniac, il existe différentes valeurs publiées pour un même effet donné. A cela, on peut avancer trois raisons différentes :

- L'absence d'expérimentation humaine pour les concentrations élevées,
- La disparité des individus constituant un échantillonnage humain par rapport à un échantillonnage d'animaux de laboratoire sélectionnés pour lequel la réponse varie peu d'un animal à l'autre,
- La difficulté à extrapoler à l'homme des résultats issus de l'expérimentation animale.

La toxicité de l'ammoniac gazeux est liée à sa très grande solubilité et à l'alcalinité des solutions résultantes qui en fait un agent agressif des muqueuses et des poumons.

L'exposition à une atmosphère chargée d'ammoniac peut provoquer diverses atteintes corporelles détaillées ci-après :

- Atteintes oculaires : elles peuvent être provoquées par l'action des vapeurs mais aussi par les projections de liquide. Elles se manifestent par du larmoiement, des conjonctivites pouvant s'accompagner d'atteintes à la cornée plus ou moins profondes,
- Atteintes cutanées : sous forme de dermites de contact,
- Atteintes respiratoires : l'inhalation de vapeurs d'ammoniac provoque une irritation des voies respiratoires supérieures avec éternuement, dyspnée et toux. Le stade le plus grave étant l'œdème aigu du poumon (OAP). L'OAP est un accident qui se produit après inhalation de gaz vésicants (Cl2, NH3, SO2) par dégradation des parois des alvéoles pulmonaires qui sont alors inondées par le plasma sanguin. Fort heureusement, le seuil de détection olfactive de l'ammoniac se situe bien en dessous des concentrations considérées dangereuses.
- Brûlures digestives : l'ingestion d'ammoniaque est suivie de phénomènes douloureux très intenses avec intolérance gastrique, état de choc s'accompagnant parfois d'érythène ou de purpura. La complication à redouter est l'œdème de la glotte.

L'ammoniac sous forme liquide en contact direct avec la peau gèle les tissus et provoque des brûlures. Les solutions d'ammoniac sont fortement alcalines et par suite très irritantes pour les muqueuses, la peau et les yeux.

L'exposition prolongée et répétée à l'ammoniac entraîne une tolérance plus élevée. Les odeurs et les effets irritants sont perçus plus difficilement.

Les seuils de perception olfactive sont très variables

2.2. Toxicité aiguë

La fiche de toxicité aiguë de l'INERIS (cf. http://www.ineris.fr/rapports-détude/toxicologie-etenvironnement/ Fiches de données toxicologiques et environnementales d) fournit les valeurs suivantes :

		Temps (*min*)					
		1	**3**	**10**	**20**	**30**	**60**
Seuil des effets létaux significatifs (SELS)	*mg/m³*	19623	ND	61183	4387	3593	2543
	ppm	28033	ND	8833	6267	5133	3633
Seuil des premiers effets létaux (SEL)	*mg/m³*	17710	10290	5740	4083	3337	2380
	ppm	25300	14700	8200	5833	4767	3400
Seuil des effets irréversibles (SEI)	*mg/m³*	1050	700	606	428	350	248
	ppm	1500	1000	866	612	500	354
Seuil des effets réversibles (SER)	*mg/m³*	196	140	105	84	77	56
	ppm	280	200	150	120	110	80
Seuil olfactif	*ppm*			5			

A noter que l'exposition prolongée et répétée à l'ammoniac entraîne une tolérance plus élevée. Les odeurs et les effets irritants sont perçus plus difficilement.

De plus, les seuils de perception olfactive sont très variables suivant l'individu, allant de quelques ppm à plusieurs dizaines de ppm (en moyenne, de l'ordre de 5 ppm).

2.3. Toxicologie sur les lieux de travail

La concentration autorisée pour l'ammoniac en atmosphère de travail est réglementairement limitée et contrôlée dans la plupart des pays industrialisés. Les valeurs retenues en France sont données dans le Tableau suivant. Ces valeurs peuvent varier légèrement d'un pays à un autre. Des valeurs plus élevées sont aussi définies pour des expositions de courte durée ou en situation d'urgence.

Désignation	Définition	Valeur	Observation
VLCT	Valeur Limite de Court Terme (VLCT)	20 ppm 14 mg/m³	Article R4412-149 du code du travail
VLEP	Valeur Limite d'Exposition sur 8 h (VLEP)	10 ppm 7 mg/m³	Article R4412-149 du code du travail

Concentrations admises en France sur les lieux du travail

2.4. Synthèse des effets aigus chez l'humain par inhalation

Les différents effets toxiques observés chez l'homme suite à une exposition aiguë sont reportés dans le Tableau ci-dessous.

Temps (min)	Concentration (ppm)	Symptomatologie	Références
10	5 – 50	Perception olfactive	OMS IPCS, 1986
5	50	Quelques signes cliniques, inconfort	Markham, 1987
30	80	Nuisance olfactive	Verbeck, 1977
30	110 – 140	Inconfort, irritation de la gorge	Verbeck, 1977
5	134	Larmoiement, irritations oculaire, nasale et de la gorge	Markham, 1987
30 – 75	140	Exposition intolérable, sortie de la chambre	Verbeck, 1977
1	150 – 200	Irritation oculaire perceptible	Wallace, 1978
8 – 11	150	Signes fonctionnels respiratoires	Cole, 1977
30	330	Toléré, absence de séquelles	Markham, 1987
< 1	400	Irritation oculaire	Wallace, 1978
30	500	Irritation voies respiratoires, signes fonctionnels respiratoires, larmoiement sans contact direct	Silverman, 1949
30 sec	600	Larmoiement	Wallace, 1978
qq sec	700	Larmoiement, atmosphère toujours respirable	Wallace, 1978
1 - 3	700	Lésions oculaires, assistance médicale	Markham, 1987
immédiat	1 000	Larmoiement, vision altérée (larmoiement opacification cornée)	Wallace, 1978
1 – 3	1 000	Respiration intolérable	Wallace, 1978
immédiat	1 500	Sortie de la chambre d'exposition	Wallace, 1978

3. Effets sur l'environnement

L'ammoniac est dangereux pour l'environnement. Il est très toxique pour les organismes aquatiques.

Atlantic Refrigeration Consulting

Annexe 3

Optimisation de la quantité d'ammoniac

Frédéric LE BRONNEC
07/02/2025

Table des matières

1. Généralités 2

2. Réduction de la quantité d'ammoniac par substitution 3

3. Réduction des diamètres, pressions et quantités 4

4. Déplacement des installations extérieures dans la salle de machines 5

1. Généralités

Pour réduire le potentiel de dangers, plusieurs possibilités peuvent être mises en œuvre. Le choix des techniques dépend du contexte (installations existantes ou nouvelles, environnement avec plus ou moins d'enjeux…).

L'étude de dangers contient un chapitre permettant à l'exploitant de motiver ses choix techniques et de les comparer aux stratégies de réduction des potentiels de dangers.

Les axes suivants de réduction du potentiel de dangers sont étudiés :

- Réduction de la quantité d'ammoniac par substitution ;
- Réduction des diamètres, pressions et quantités.

Il est également envisagé une solution de réduction du risque à la source :

- Déplacement des installations extérieures dans la salle des machines.

2. Réduction de la quantité d'ammoniac par substitution

L'exploitant pourra s'assurer dans un premier temps de l'adéquation entre la charge d'ammoniac et les besoins. Il devra démontrer qu'il a cherché à réduire la quantité totale d'ammoniac dans l'installation.

En cas de contexte difficile en termes d'enjeux (environnement urbanisé proche par exemple), l'exploitant peut étudier la diminution de la charge d'ammoniac en utilisant des systèmes en cascade. L'ammoniac est maintenu comme fluide frigorigène an niveau de la salle des machines : au niveau de l'évaporateur, l'ammoniac est vaporisé par échange de chaleur avec un autre fluide compatible avec les besoins des utilisateurs.

Si l'installation est existante, cela nécessite une conversion des installations avec changement éventuel des capacités, des tuyauteries, justifié par l'incompatibilité des nouveaux fluides avec les matériaux existants, les quantités mises en œuvre, les pressions de service éventuellement différentes. La faisabilité technico-économique n'est donc pas assurée dans le cas d'une installation existante.

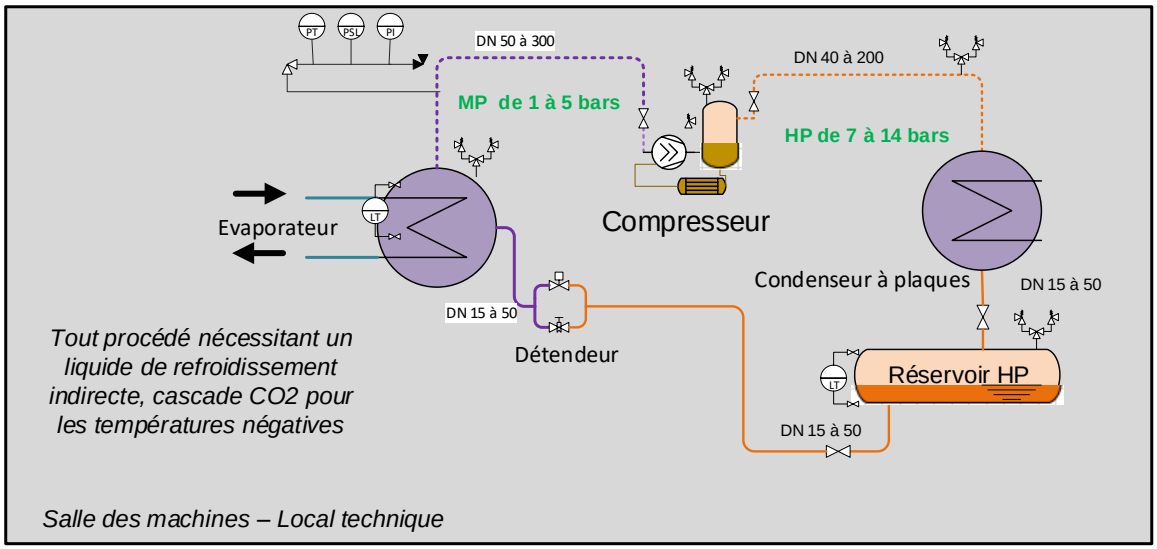
Usuellement les fluides suivants sont utilisés :

- Congélation, surgélation : CO2 ;
- Réfrigération négative : alcali ;
- Réfrigération positive : eau glycolée.

Bien sûr un fluide utilisable pour des très basses températures est aussi utilisable pour des températures plus élevées mais avec des contraintes plus importantes que celles des fluides adaptés à cette température (le CO2 nécessite par exemple de très hautes pressions…).

Ces installations sont certes intéressantes pour la réduction du potentiel de dangers du point de vue du risque accidentel mais elles conduisent à une surconsommation énergétique ainsi qu'à un surinvestissement (pompe, réseau eau glycolée…).

La figure ci-dessous représente un schéma avec circuit indirect et optimisation de charge d'ammoniac.



3. Réduction des diamètres, pressions et quantités

La réduction du potentiel de dangers peut également s'effectuer par :

- **La réduction des diamètres et des longueurs de tuyauteries** ; la réduction du diamètre permet de réduire le débit en cas de fuite (débit proportionnel au carré du diamètre) et réduit donc les distances d'effets potentielles. Cependant une optimisation des diamètres est à rechercher car une réduction des diamètres des tuyauteries peut conduire à une dégradation des performances énergétiques.
  - Les diamètres des tuyauteries sont réduits le plus possibles ;

    A noter que la justification des diamètres et longueurs de tuyauteries est une exigence réglementaire de l'arrêté du 16 juillet 1997 (article 51) : « Les canalisations doivent être les plus courtes possibles et de diamètres les plus réduits possibles. »
  - La réduction des diamètres des points d'opérations tels que purges est également recherchée. Usuellement les purges liquides sont en diamètre DN15 et les purges sur les incondensables en DN12.

    L'article 43 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Les points de purge (huile, etc.) doivent être du diamètre minimal nécessaire aux besoins d'exploitation. ».
- **La réduction des pressions dans la mesure du possible**. Les pressions côté BP dépendent des utilisations et doivent être optimisées. La pression côté HP est calée sur la température de la source chaude. Comme celle-ci varie au fil du temps, la pression n'est pas constante dans le temps ; une réduction de la pression en fonction des conditions externes (régulation en fonction de la température de bulbe humide) pourra être recherchée. La réduction de la pression permet de réduire le débit en cas de fuite (débit proportionnel à la racine carrée de la pression relative).
- **La réduction globale de la quantité d'ammoniac** ; pour cela :
  - <u>L'utilisation de technologies compatibles avec une capacité moindre d'ammoniac</u> : remplacement des échangeurs tubulaires par des échangeurs à plaques (en ordre de grandeur, la quantité d'ammoniac passe de 150 kg à 45 kg dans les échangeurs) ; des échangeurs à plaques et calandre sont également utilisables qui réduisent la quantité d'ammoniac et limitent de plus les risques de fuite (l'ammoniac dans les plaques n'est pas en contact direct avec l'air ambiant puisque l'eau est dans la calandre).
  - <u>La réduction des capacités</u> ; l'ammoniac sous forme liquide HP présentant le potentiel de dangers le plus important, une réduction des capacités en liquide HP est particulièrement recherché :
    - <u>Suppression des bouteilles HP</u> dans la mesure du possible ; parfois, sur des installations existantes, l'ammoniac HP est utilisé pour refroidir l'huile du compresseur (technique de thermosiphon). Cette technique de refroidissement tend à disparaitre pour être remplacée par un piquage sur l'eau glycolée. Sur les installations neuves, le thermosiphon n'est pas mis en œuvre.

    Dans quelques installations, l'ammoniac est utilisé pour le procédé (cas de la production des crèmes glacées) et ne pourra donc pas être totalement supprimé.

    - <u>Déplacement du détendeur HP</u> au plus près des condenseurs pour limiter la quantité d'ammoniac liquide HP.

4. Déplacement des installations extérieures dans la salle de machines

Une mesure de réduction du risque à la source peut également être étudiée dans les contextes difficiles. Cette mesure consiste à installer à l'intérieur de la salle des machines des équipements situés à l'extérieur.

Ces installations extérieures peuvent comprendre :

- Les condenseurs évaporatifs (condenseur ammoniac / eau + air) ;
- Les évaporateurs en cas de système direct ;
- Les tuyauteries de liaison entre la salle des machines et ces équipements.

Pour limiter les effets en cas de perte de confinement sur ces installations, les bonnes pratiques de conception incluent :

- **Le remplacement des condenseurs évaporatifs par des échangeurs qui peuvent être implantés dans la salle des machines**. L'eau circulant dans les échangeurs (côté froid) est refroidie à son tour par échange sur des échangeurs à air (aéros ou tour de refroidissement, cette dernière pouvant poser des problèmes de légionellose en cas de circuit ouvert).

  Cependant le rendement des installations avec deux échangeurs (eau/ammoniac et eau/air) est dégradé et l'investissement plus important si bien que cette solution sera réservée aux configurations en zone urbanisée.

  Cette solution (utilisation de condenseurs dans la salle des machines) est celle privilégiée dans le cadre d'une nouvelle installation dans un environnement urbain.

- **Le capotage des collecteurs d'arrivée et de départ d'ammoniac** sur les condenseurs évaporatifs, voire le capotage de la terrasse (hors extraction d'air de l'échangeur) ;

Dans le cadre d'une nouvelle installation, on privilégiera l'utilisation de condenseurs dans la SDM, ne nécessitant donc pas de capotage.

- Lorsque l'ammoniac circule au niveau des utilisateurs, **les fuites sont limitées par les mesures de conception** suivantes :
  - Les soudures sur les tuyauteries et les équipements sont radiographiées conformément à la réglementation des équipements sous pression ;
  - Les zones de fuites potentielles telles que les vannes sont localisées en dehors des zones accessibles au personnel ; elles sont situées dans des combles techniques disposant de détecteurs d'ammoniac qui génèrent alarme, démarrage de la ventilation des combles puis mise en sécurité en cas d'atteinte d'un 1er puis d'un 2ème seuil d'alarme.
- **Les tuyauteries cheminant entre la salle des machines et les utilisateurs sont également installées en galerie technique** équipée d'une détection ammoniac dans les zones de fuites potentielles (stations de vannes) avec asservissements (isolement et mise en route éventuelle d'une extraction forcée).

Atlantic Refrigeration Consulting

Annexe 4

Accidentologie des installations de réfrigération : Synthèse et exemples d'accidents caractéristiques

Frédéric LE BRONNEC
07/02/2025

Table des matières

1. Analyse générale de l'accidentologie 2
1.1. Analyse générale de l'accidentologie 2
1.2. Zoom sur des points spécifiques 6
1.2.1. Eclatement d'un réservoir 6
1.2.2. Rupture guillotine et autre cas assimilés 6
1.2.3. Rupture de bouteilles d'ammoniac ou de fûts 6
1.2.4. Appoint en ammoniac ou en huile 7
1.2.5. Remplissage de l'installation et vidange de l'installation 7
1.2.6. Fuite par les soupapes 7
1.2.7. Fuite au niveau des purges 7
1.2.8. Explosion dans local confiné 8
1.2.9. Incendie 8
1.2.10. Conclusion 9
2. Accidents mortels 10
3. Quelques cas d'accidents illustratifs postérieurs à 1997 (date de l'arrêté ministériel) 12

1. Analyse générale de l'accidentologie

1.1. Analyse générale de l'accidentologie

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

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

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

Répartition	%
Rejet dangereux (dont rejet prolongé 80%)	100 %
• Dans l'atmosphère	88 %
• Dans les eaux de surface	8.5 %
• Sur le sol / en rétention	18 %
Incendie	6 %
Explosion	2.1 %
Chute / projection d'équipements	2.6 %
Effets dominos	3.4 %

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

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

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

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

Note : Dans la répartition de la figure 28, la part de 2,1% « d'explosion » n'est pas accompagnée d'une explication précise sur le type de phénoménologie mise en cause ; s'agit-il d'une réaction de combustion de vapeurs inflammables ou d'un éclatement pneumatique ? Des cas de BLEVE (0,9%) y sont inclus. Dans quelques cas (cf. §1.2.8), une explosion s'est vraiment produite (inflammation de l'atmosphère explosible formée suite à une fuite et inflammation par des équipements électriques inadaptés). Le lecteur trouvera le détail de deux accidents, à l'étranger, mettant en jeu la combustion de l'ammoniac, en fin d'annexe.

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

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

Activités principales concernées	%
10 – Industrie agroalimentaire	69 %
52 – Entreposage et services auxiliaires de transport	8.3 %
46 – Commerce de gros	6.1 %
11 – Fabrication de boissons	4.8 %
20 – Industrie chimique	3.5 %
93 – Activités sportives, récréatives et le loisirs	3.5 %

Les conséquences de ces accidents montrent que sont survenus :

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

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

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

- Le facteur matériel est impliqué dans 83% des accidents répertoriés, les équipements les plus souvent concernés étant : les canalisations et leurs accessoires (119 cas), dont les vannes / électrovannes (37 cas) et les herses immergées dans les bacs à eaux glacées des laiteries (10 cas), les compresseurs / pompes (33 cas), les soupapes (29 cas), les évaporateurs / condenseurs hors herses précitées (19 cas), les réservoirs (16 cas) et les matériels de mesure ou régulation (11 cas).

  Relevées dans 80% des accidents, les pertes d'étanchéité et fuites sont très largement majoritaires, les 20% restants concernant des ruptures d'équipements. A noter que la défaillance d'une vanne (16 %) ou d'une régulation (5 %) a pu dans certains cas conduire à ces événements.

- Le facteur organisationnel et humain est explicitement impliqué dans au moins 58% de ces 214 évènements (facteur humain 29% / organisation défaillante 53%). Du point de vue des « acteurs » impliqués, il s'agit d'opérateurs appartenant au site dans 50% des accidents et de sous-traitants intervenants sur les installations dans les 50 autres %.

  Les « fuites directes » de frigorigène, c'est à dire sans comptabiliser les installations prises dans un incendie, fait également intervenir le facteur organisationnel et humain dans 59% des 205 accidents suffisamment renseignés en termes de cause(s) : facteur humain 30% / organisation défaillante 53%.

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

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

On constate également que :

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

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

Le chapitre 3 de la présente annexe présente quelques cas remarquables d'accidentologie (extrait de la base ARIA du BARPI). Ils reprennent notamment des situations où le facteur humain et l'incendie sont intervenus dans l'accident.

1.2. Zoom sur des points spécifiques

1.2.1. Eclatement d'un réservoir

L'accidentologie ne mentionne que 2 accidents en France avec ouverture de capacités prises dans un incendie ARIA 11547 (évapo-condenseurs) ou sous l'effet de la chaleur ARIA 15585 (réservoir de 475 l), 1 cas en Grande-Bretagne ARIA 5272 (conteneur).

Hors incendie, l'ouverture d'un « fût à pression / conteneur » trop rempli (ARIA 5223) et la chute de 2 évaporateurs sont répertoriés (ARIA 5223) en France. Aux Etats-Unis, un réservoir se serait ouvert suite à une surpression (ARIA, 14871). Sans que l'évènement soit explicitement décrit, deux réservoirs se seraient aussi ouverts en Corée du Sud (ARIA 5275) et aux USA (ARIA 5287).

1.2.2. Rupture guillotine et autre cas assimilés

L'accidentologie traite de nombreux cas de ruptures guillotines notamment lors de l'usage d'engins de terrassement ou autres outils de chantier en méconnaissance de la présence de tuyauteries encore en place (cas tronçonnage de béton, de démolition à l'étranger, sectionnement en cours de démantèlement d'une tuyauterie 20/27 mm ainsi qu'un coup de pelle hydraulique sur une tuyauterie non vidée et non identifiée ou encore une chute d'échelle en France) mais aussi à la suite de phénomènes vibratoires ou coups de bélier éventuels (ARIA 5265 à l'étranger…).

Des canalisations de raccordement peuvent également se rompre lors de la chute d'équipements lourds comme des évaporateurs (ARIA 5223…) ou après avoir été percutées par des objets (une échelle en France, une caisse ou de lourds équipements à l'étranger…). Pour ces derniers cas, la protection insuffisante ou l'état (corrosion) de ces tuyauteries expliquent également l'accident.

A noter en France également une rupture de tuyauterie 10 mm sur un retour d'huile vers le compresseur.

D'importantes fuites de frigorigène peuvent aussi être consécutives à l'ouverture des collecteurs après rupture et chute des fonds bombés ou non (ARIA 15586, 20484, 23622, 35305).

1.2.3. Rupture de bouteilles d'ammoniac ou de fûts

En France, un cas de rupture du conteneur (ESP) après la vidange d'une installation en raison d'un condenseur hors service a été noté (ARIA 29687). Le conteneur dont la capacité a été dépassée était stocké en attente à l'extérieur de l'établissement (voir un cas au niveau des opérations de purge au chapitre 6.2.7).

A l'étranger, des conteneurs pris dans un incendie auraient éclaté (ARIA 5272).

1.2.4. Appoint en ammoniac ou en huile

L'accidentologie évoque des cas de défaillance de raccord au niveau de flexibles ou des dysfonctionnements de vannes lors de ce type d'opération (ARIA 5295 (étranger), 10364, 27595).

1.2.5. Remplissage de l'installation et vidange de l'installation

Les opérations de remplissage ou vidange d'installations ont donné lieu à des accidents. Outre le cas cité § 1.2.3, on note des fuites suite à des vidanges mal réalisées (matériel de vidange sous-dimensionné, vidange incomplète ou procédure inadapté (vanne maintenue ouverte, réchauffage d'huile conduisant à une ouverture de soupape) … Quelques cas peuvent être cités (ARIA 29687, 10864, 20751, 29395, 34220, 35884…).

1.2.6. Fuite par les soupapes

Des cas de rejet d'ammoniac au niveau des soupapes sont relatés dans l'accidentologie. Soit le rejet est le fait d'une surpression dans l'installation (ARIA 5058, 5222, 6066, 6140, 8081, 11690, 13888, 18586…), soit c'est un défaut technique sur la soupape ou son dysfonctionnement sans raison apparente qui a occasionné le rejet (ARIA 16385, 20484 ? 12823 ? 11286, 18586, 23035, 23371, 23518…) Le fonctionnement de la soupape dans certains cas est le fruit d'un défaut de tarage (tarage à une trop faible pression quelque fois combiné à une augmentation de température, la défaillance d'une pompe de circulation d'eau faisant augmenter la pression) : cas à l'étranger.

A noter qu'une inflammation suite à un rejet de soupape a été identifiée et une fuite sur un réglage de soupape également sur deux autres cas à l'étranger.

En France, la fuite sur une soupape tarée trop bas sur un réfrigérant d'huile a provoqué une fuite d'ammoniac ou la défaillance d'un pressostat par manque d'entretien de deux échangeurs à plaques ont été observés. Le séparateur d'huile maintenu en chauffe est aussi à l'origine d'une fuite d'ammoniac par la soupape (la liaison avec le séparateur et la moyenne pression n'a pas été coupée et la bouteille basse pression est montée en pression). Un cas plus exceptionnel à l'étranger d'arrachement de soupape par un chariot élévateur a été mis en lumière.

1.2.7. Fuite au niveau des purges

Les accidents mettant en cause des purges d'installations ont principalement pour origines des interventions inadaptées mettant en cause le facteur organisationnel et humain (ARIA 4027, 11332, 11545, 16761, 27562, 29395, 33728, 33839, 34220, 34235, 35884, 35892, 36105, 39391, 39396) en présence parfois de complications imprévues en cours d'opération (ARIA 5957, 8400, 11690, 13092 ? 29395, 34220) ou d'une défaillance matérielle (ARIA 13092 ? 18586, 27562, 28134, 34235, 35892 ? 39391).

1.2.8. Explosion dans local confiné

L'analyse de l'accidentologie montre que le risque d'explosion peut être écarté dans le cas d'une fuite d'ammoniac en champ libre (cependant des risques de brûlures lié à des flash-thermiques sont possibles). En effet, il apparait qu'aucune explosion d'un mélange d'air et d'ammoniac en milieu non confiné n'a été recensé si on exclut le seul accident en 1968 qui évoquerait la possible inflammation d'un nuage d'NH3 à l'air libre (Etats-Unis, ARIA 5266).

En revanche, le risque d'explosion doit être considéré dans le cas d'une fuite en milieu confiné. En effet, des explosions ont été répertoriées en milieu confiné. Ainsi des explosions NH3 / air en milieu confiné sont relatées dans au moins un accident répertorié en France en 1969 (ARIA 15585), le 2ème accident évoquant davantage une explosion mécanique de compresseur (ARIA 10434).

Par contre, deux évènements auraient été également recensés en 2000 à l'étranger (Pakistan ARIA 18177, Etats-Unis ARIA 18281) sans que la cause d'inflammation soit clairement identifiée. D'autre part, d'autres évènements plus anciens sont répertoriés mais certains sont trop peu détaillés pour une analyse précise du déroulement des accidents (ARIA 5268, 5271, 5273, 14868, 5278, 5288). En revanche, les sources d'inflammation mises en cause sont précisées pour certains évènements : choc ou arc électrique à partir d'un engin (Etats-Unis en 1984, ARIA 5285), lampe d'éclairage (Etats-Unis en 1983, ARIA 5284), perceuse (Pays-Bas en 1977, ARIA 5276), moteur électrique (Etats-Unis en 1969, ARIA 5270), installation électrique ou système de chauffage (Etats- Unis en 1967, ARIA 5265), étincelle de rupture d'un disjoncteur (Etats-Unis en 1958, ARIA 5264).

1.2.9. Incendie

La base ARIA relève de nombreux incendies qui auraient pu impacter les installations de réfrigération d'ammoniac.

Le type de combustibles et la source d'ignition mis en cause dans les incendies sont divers :

- Emballages, matériaux combustibles de bureaux, déchets,
- Éclairage et autres équipements électriques,
- Véhicules en déchargement (propagation à la cargaison puis au bâtiment),
- Locaux techniques dont transformateur électrique,
- Ateliers (moyens de cuisson, chalumeau…) et combles,
- Travaux générant des points chauds.

Au-delà des quelques évènements mentionnés au §.1.1 dans lesquels des installations de réfrigération ont été endommagées, plusieurs dizaines d'autres sinistres ont gravement atteint des établissements industriels sans pour autant que des informations soient données sur les dommages subis par les installations de réfrigération. La base ARIA recense enfin plusieurs incendies qui auraient pu impacter ces installations si elles avaient été dépourvues de mesures constructives adaptées ou de distances d'isolement suffisantes, mais aussi sans la mise en œuvre dans des délais très brefs de moyens de lutte contre l'incendie appropriés, ainsi que de possibilité de mise en sécurité des installations.

1.2.10. Conclusion

Les scenarios identifiés dans cette annexe sont à retenir dans l'analyse préliminaire des risques :

- Perte de confinement sur les réservoirs et les équipements (condenseurs, évaporateurs…) ;
- Perte de confinement sur les tuyauteries (rupture guillotine ou fuite) ; les équipements peuvent être dans la salle des machines ou à l'extérieur de la salle des machines (liaisons vers les utilisateurs) ;
- Rupture de bouteilles d'ammoniac ou de fûts ;
- Fuite au niveau de flexible de raccordement en phase d'appoint ;
- Fuite par les soupapes ;
- Fuite au niveau des purges ;
- Explosion dans un local confiné (salle des machines, combles, utilisateurs…)..

Note : L'incendie dans la salle des machines ou à l'extérieur de la salle des machines est à retenir comme un évènement initiateur possible. A noter que ce dernier s'initie le plus souvent hors de la salle des machines ou des chambres froides (ateliers, bureaux, salles d'archives, combles…).

2. Accidents mortels

Les cas d'accidents mortels trouvés en France sont présentés ci-dessous :

N° 22821 - 07/08/2002- - 971

H52.10 - Entreposage et stockage

Une fuite de 2 à 3 l d'ammoniac (NH3) de réfrigération (sur 3 500 kg) a lieu dans un établissement distribuant en gros des aliments congelés et surgelés. Alimentant les évaporateurs des chambres froides négatives (-25 °C inférieur à T inférieur à -20 °C), le circuit basse pression (1 t NH3, -32°C sous 1 bar abs.) impliqué comprend un réservoir BP de 6 000 l (1 t d'NH3) et un compresseur. La sortie BP dispose de 2 lignes de soutirage du ballon BP alimentant chacune une pompe. Les 2 pompes sont raccordées au réseau d'alimentation des évaporateurs par une canalisation unique. Un filtre isolable par 2 vannes papillons installé dans la salle des machines protège les évaporateurs et dispositifs de commande d'éventuels corps étrangers. La fuite a lieu alors qu'un artisan frigoriste sous-traitant veut changer le couvercle supérieur du filtre ; il ferme les vannes d'isolement, effectue une purge (tuyau de purge retrouvé plongeant dans un bac plastique rempli d'eau ammoniacale), retire enfin le couvercle du filtre et reçoit un jet d'NH3 liquide. Brûlé au visage, au bras et au thorax, le frigoriste parvient à atteindre la douche de sécurité implantée dans le local. La détection NH3 qui se déclenche (seuil haut) vers 9h25, provoque le démarrage du ventilateur d'extraction, l'arrêt de l'alimentation électrique de l'installation NH3, une alarme sonore sur le site avec transmission à la société de gardiennage. L'un des responsables de l'entrepôt prévient alors le fils de l'artisan également frigoriste travaillant sur le site. Ne pouvant être sur les lieux que 10 mn plus tard au moins, ce dernier retrouvera le corps de son père dans la salle des machines. Une expertise révèle une rupture de la tige de maintien central, par l'intermédiaire de 2 ressorts, des flasques supérieure et inférieure du filtre. Un scénario accidentel est avancé : purge incomplète du filtre et/ou mauvaise fermeture de la vanne côté évaporateurs, rupture vraisemblablement préexistante de la tige du filtre, brutale détente des ressorts éventuellement favorisée par la montée en pression de l'NH3 présent dans le filtre, projection d'une quantité d'NH3 suffisantes pour brûler et asphyxier la victime, seule et sans masque dans la salle des machines. Au déclenchement de l'alarme, aucun des responsables et employés n'a eu le réflexe d'aller vérifier la présence ou non d'une victime dans la salle des machines, ni de prévenir les pompiers qui arriveront après le fils de la victime.

N° 15586 - 03/12/1968 - FRANCE - 69 - LYON

H52.10 - Entreposage et stockage

Une importante fuite d'ammoniac (NH3) de réfrigération a lieu dans un entrepôt de denrées alimentaires lors du dégivrage des frigorifères associés aux chambres froides. Piégés en sous-sol, 2 employés tentant de s'échapper par un monte-charge (volontairement bloqué pour faciliter des manutentions ou hors service par interruption en sécurité de l'alimentation électrique ?) sont tués et 5 autres sont plus ou moins brûlés. Une pastille d'obturation (diam. 93 mm, ép. 4 mm, poids 191 g) soudée 10 ans plus tôt s'est détachée en bout d'une canalisation (diam. 82 /89 mm), inutilisée mais non démontée, débouchant dans un couloir. L'NH3 réchauffé (dégivrage) arrivant sur une paroi froide a provoqué des contraintes thermiques et la rupture par fatigue de la pastille. Un manque de liaison entre le métal déposé et le métal de base aurait favorisé cette rupture. Les canalisations sont inspectées pour éliminer les soudures et les montages critiquables. Les consignes de dégivrage sont modifiées (nombre de personnes présentes limité, entrée des locaux interdite...). Des issues de secours sont aménagées. Le personnel est doté de moyens de protection adaptés et en nombre suffisant.

A l'étranger les cas mortels les plus récents sont détaillés ci-dessous. D'autres cas dans les années antérieures sont mentionnés aux Etats Unis, au Canada et un autre cas au Pakistan.

N° 22954 - 31/05/2002 - THAILANDE - 00 - NC

C10.52 - Fabrication de glaces et sorbets

Une fuite d'ammoniac se produit lors de l'entretien d'une installation de réfrigération dans une usine de fabrication de glace. L'ouvrier effectuant l'entretien décède quelques minutes après avoir inhalé le gaz, 9 autres employés intoxiqués sont hospitalisés.

N° 21775 - 23/12/2001 - ETATS-UNIS - 00 - MADISON

C10.7 - Fabrication de produits de boulangerie-pâtisserie et de pâtes alimentaires

Dans une usine alimentaire, une fuite d'ammoniac (NH3) a lieu sur un réservoir utilisé pour la réfrigération des installations. Deux employés déplacent un réservoir d'NH3 sur un quai de chargement lorsqu'une tuyauterie se rompt : environ 200 l d'NH3 se répandent. L'un des employés décèdera de ses blessures, le 2ème est grièvement blessé ; 30 personnes sont évacuées mais selon les secours, la fuite reste confinée au bâtiment. L'OSHA effectue une enquête.

N° 18177 - 28/06/2000 - PAKISTAN - 00 - LAHORE

H52.10 - Entreposage et stockage

Une fuite d'ammoniac s'enflamme sur une unité de réfrigération dans une usine d'entreposage frigorifique. Les secours interviennent rapidement mais un des employés, brûlé, décède à l'hôpital. Des dizaines de personnes ont eu des malaises dus à la fuite toxique. On dénombre 24 blessés. Un mouvement de panique semble s'être produit parmi les riverains. Des évacuations semblent avoir été engagées. Le feu a été maîtrisé et la fuite jugulée dans la journée.

3. Quelques cas d'accidents illustratifs postérieurs à 1997 (date de l'arrêté ministériel)

Extrait de la liste des accidents impliquant des installations de réfrigération à l'ammoniac, établie par LE MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE DIRECTION DE LA PRÉVENTION DES POLLUTIONS ET DES RISQUES SEI / BARPI

Résultats de recherche d'accidents sur www.aria.developpement-durable.gouv.fr

La base de données ARIA, exploitée par le ministère du développement durable, recense essentiellement les événements accidentels qui ont, ou qui auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publique, l'agriculture, la nature et l'environnement. Pour l'essentiel, ces événements résultent de l'activité d'usines, ateliers, dépôts, chantiers, élevages... classés au titre de la législation relative aux Installations Classées, ainsi que du transport de matières dangereuses. Le recensement et l'analyse de ces accidents et incidents, français ou étrangers sont organisés depuis 1992. Ce recensement qui dépend largement des sources d'informations publiques et privées, n'est pas exhaustif. La liste des évènements accidentels présentés ci-après ne constitue qu'une sélection de cas illustratifs. Malgré tout le soin apporté à la réalisation de cette synthèse, il est possible que quelques inexactitudes persistent dans les éléments présentés. Merci au lecteur de bien vouloir signaler toute anomalie éventuelle avec mention des sources d'information à l'adresse suivante :

BARPI – 5 Place Jules Ferry 69006 LYON / Mel : srt.barpi@developpement-durable.gouv.fr

Ministère du développement durable - DGPR / SRT / BARPI -

Nombre d'accidents répertoriés : 666 de janvier 1983 au 9 juillet 2013 dont sont extraits **ceux liés aux installations de réfrigération ayant eu pour conséquence** : mort d'homme, blessés, pollution atmosphérique, des eaux ou du sol.

N°44517 - 28/10/2013 - FRANCE - 61 - CROISILLES

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Dans un abattoir de 6 000 m², une fuite d'ammoniac se produit vers 16h30 au niveau d'une vanne alors qu'un sous-traitant réalise une opération de maintenance dans un local technique de l'installation de réfrigération. Les secours évacuent les 70 employés et transportent à l'hôpital le sous-traitant brûlé. La fuite est stoppée, les pompiers ventilent les locaux et les employés regagnent leur poste 2 h plus tard. Le rejet d'ammoniac est estimé à 250 kg. Le compresseur de l'installation de réfrigération est arrêté mais l'ammoniac présent dans les canalisations permet le maintien de la chaîne du froid jusqu'aux réparations le lendemain matin. La chaîne d'abattage, qui ne fonctionne que le matin, reprend son activité le lendemain ; aucune contamination n'a eu lieu au niveau de la viande. **Selon le rapport d'expertise, la fuite est due au mauvais montage d'origine de la vanne.**

N°44613 - 21/10/2013 - FRANCE - 57 - FOLSCHVILLER

C10.71 - Fabrication de pain et de pâtisserie fraîche

Les pompiers sont contactés par le responsable d'une boulangerie industrielle à la suite d'une odeur piquante et irritante ressentie, vers 9 h, par les salariés travaillant sur la ligne « briochettes » du bâtiment A. Une probable émanation de gaz serait à l'origine de cette gêne. La cellule d'analyse des secours mesure, vers 10 h, des concentrations dans l'atmosphère de l'atelier, de 45 à 50 ppm pour l'ammoniac (NH3), 70 ppm pour l'oxyde de carbone (CO) et 0 ppm pour le chlore (Cl). Le personnel est évacué et la production de l'atelier arrêtée. Un inspecteur des installations classées se rend sur place.

Le lendemain, les pompiers mesurent des concentrations dans l'atmosphère de l'atelier de 12 ppm pour le NH3, 42 à 40 ppm à hauteur d'homme et 140 à 170 ppm à 2,50 m de haut pour le CO.

Les analyses de l'exploitant montrent que le brûleur du four de l'unité, alimenté au gaz naturel, présente un défaut intermittent de fonctionnement. L'axe de commande du volet d'air étant faussé, lors de la marche plein régime du brûleur, la biellette de commande pousse le volet d'air au-delà de sa position pleine ouverture, diminuant l'arrivée d'air et provoquant une combustion incomplète, génératrice de CO dans les gaz de combustion. Des mesures réalisées montrent un taux de 4 000 ppm de CO dans les gaz de combustion au bout de 3 min de fonctionnement du brûleur défectueux (entre 15 à 10 en fonctionnement normal). Le volet de tirage de la cheminée d'évacuation des gaz de combustion du four étant ouvert en permanence, le CO s'est diffusé dans l'atelier. Ce volet, en principe commandé de façon automatique par la dépression dans le conduit, sert à réguler le tirage de la cheminée.

L'extraction de l'air de l'atelier étant commune avec la ligne de production voisine "mécatherm" et l'étuve proche, cette dernière a capté le CO. Brassé dans l'étuve, celui-ci a continué à être émis dans les ateliers, même après l'arrêt du brûleur du four. Un siphon et une canalisation d'eaux usées se trouvant à l'intérieur de l'étuve, du CO a été détecté en petite quantité dans le réseau d'eaux usées de l'atelier. Ces deux aléas ont contribué à perturber les investigations. L'exploitant vérifie et confirme ce scénario en visualisant les flux à l'aide d'une caméra thermique, lors d'une reconstitution. **Les teneurs en NH3 relevées sont quant à elle consécutives à l'utilisation de produits détergents dans les canalisations du bâtiment A (débouchage).**

Le four fait l'objet de vérifications périodiques. La dernière, réalisée peu de temps avant l'incident, n'avait pas révélé d'anomalie. Les éléments défectueux sont réparés. L'exploitant acquiert des détecteurs de CO.

N°44415 - 30/09/2013 - FRANCE - 44 - MONTOIR-DE-BRETAGNE

C20.15 - Fabrication de produits azotés et d'engrais

Une fuite se produit vers 23h30 lors du dépotage d'un navire d'ammoniac liquéfié (NH3) dans une usine fabriquant des engrais. Les détecteurs de NH3 se déclenchent : l'automate de sécurité ferme les vannes d'alimentation du bac receveur et coupe la pompe du navire. Le site est confiné et le navire actionne les rideaux d'eau ; les riverains sont également appelés pour rester confinés. Les opérateurs en salle de contrôle ferment plusieurs vannes manuelles sur la ligne de dépotage pour isoler la fuite provenant d'un joint sur un clapet anti-retour du circuit de purge et de dégazage de cette ligne. Le joint est déchiré sur 5 cm de long et 2 mm de large, l'exploitant estime la fuite à 50 kg (5 min à 5 bars en tenant compte de fuites résiduelles). Les vannes de la ligne sont rouvertes et le bras est décomprimé vers le navire. L'exploitant remplace le joint défectueux le lendemain et reprend le dépotage en fin d'après-midi. Le clapet anti-retour avait été changé quelques mois auparavant ; **d'après l'inspection des IC, il pourrait s'agir d'une erreur de pose ou d'un joint défectueux.**

N°43927 - 17/06/2013 - FRANCE - 29 - PLOUEDERN

C10.52 - Fabrication de glaces et sorbets

Un feu se déclare vers 22 h sur un transformateur électrique dans une usine de crèmes glacées. Les pompiers éteignent les flammes, 40 employés sont en chômage technique pour la nuit. La gendarmerie et les services du gaz et de l'électricité se sont rendus sur les lieux. **Les installations de réfrigération mettant en œuvre de l'ammoniac (NH3) ne semblent pas avoir été atteintes.**

N°43926 - 16/06/2013 - FRANCE - 76 - NOTRE-DAME-DE-GRAVENCHON

C25.61 - Traitement et revêtement des métaux

Dans une entreprise de traitement de surface, un feu se déclare vers 18 h dans un bâtiment de 2 500 m² abritant des cuves de bains de sels fondus, 6 bouteilles d'ammoniac (260 kg) et 1m³ d'éthanol. Un important panache de fumée noire est visible à plusieurs kilomètres. Un périmètre de sécurité de 400 m est mis en place ; 100 riverains situés sous le vent sont évacués et 500 personnes dont 100 employés d'une raffinerie voisine sont confinées. Les pompiers évacuent les bouteilles d'ammoniac et mettent en œuvre 2 lances canons de 1 000 l/min et une lance à débit variable de 500 l/min pour maîtriser le sinistre. Une CMIC vérifie l'étanchéité de la rétention du site, activée au début du sinistre, et effectue des mesures de toxicité dans l'air ; seule une concentration de 5 ppm d'acide chlorhydrique est détectée. **Le feu est circonscrit à 23h30 et 70 évacués peuvent rejoindre leur domicile**. L'incendie est éteint à 5 h avec des lances à mousse. Le lendemain, 2 entreprises spécialisées évacuent les eaux d'extinction et produits chimiques collectés dans les rétentions du site jusqu'à 20 h puis les derniers pompiers quittent le site. La police effectue une enquête.

N°43857 - 02/06/2013 - FRANCE - 54 - LANEUVEVILLE-DEVANT-NANCY

C20.13 - Fabrication d'autres produits chimiques inorganiques de base

Dans une usine de chimie minérale, une fuite de solution saline et d'ammoniaque (NH3 + H2O) a lieu vers 16h10 sur une trappe de visite mal serrée sur une pompe. Des vapeurs d'ammoniac (NH3) incommodent 3 employés dont l'un a les yeux fortement irrités. Le personnel colmate la fuite avant l'arrivée des pompiers et l'activité de l'usine n'est pas perturbée. La concentration en NH3 dans le local atteint 60 ppm. Le rejet est contenu dans un bac de rétention, mais une légère fuite à 40 mg/l de NH3 se produit pendant 15 min vers le bassin de sécurité où la pollution est confinée puis traitée. **Des mesures dans la rivière au point de rejet révèlent une concentration de 0,7 mg/l (concentration maximale autorisée de 30 mg/l). L'incident est clos à 18h15 sans constat d'impact sur l'environnement**. La police s'est rendue sur les lieux. Les trappes de visite des pompes sont en cours de démontage depuis plusieurs années, le démontage des dernières trappes encore en place est prévu à l'occasion du prochain remplacement des pompes et, dans l'attente, font l'objet d'un contrôle systématique et régulier.

N°43801 - 16/05/2013 - FRANCE - 11 - CASTELNAUDARY

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Dans un abattoir, une faible quantité d'ammoniac (NH3) de réfrigération est émise à atmosphère vers 14h15 à la suite de l'ouverture d'une soupape de sécurité sur le circuit d'alimentation de 2 centrales de production de froid. Des pompiers interviennent en scaphandres. L'intervention des secours s'achève à 16h45. La soupape se serait ouverte à la suite d'une fuite d'eau glycolée sur une bride de canalisation de l'atelier ; cette eau s'est répandue au sol sur 40 des 200 m² du local.

N°43807 - 15/05/2013 - FRANCE - 38 - LE PONT-DE-CLAIX

C20.13 - Fabrication d'autres produits chimiques inorganiques de base

Dans une chimique classée Seveso, un rejet d'ammoniac (NH3) se produit à 10h30 au niveau de la colonne d'abattage des gaz d'un atelier à l'arrêt mettant en œuvre du phosgène. Des employés donnent l'alerte après avoir perçu l'odeur caractéristique du produit dans l'usine. Les secours internes mettent en sécurité l'installation. L'alerte est levée à 11h30. **L'incident fait suite au déclenchement accidentel du dispositif de neutralisation au NH3 de la colonne lors de l'étalonnage d'un détecteur d'acide chlorhydrique** (HCl) en pied de la colonne (circuit de purge des condensats). La quantité de NH3 émise à l'atmosphère est évaluée à moins de 400 kg. L'exploitant informe l'inspection des installations classées et la municipalité, puis diffuse un communiqué de presse.

N°43763 - 26/04/2013 - FRANCE - 11 - NARBONNE

C20.13 - Fabrication d'autres produits chimiques inorganiques de base

Un wagon-citerne d'ammoniac (NH3, gaz toxique) est dépoté sous confinement dynamique à 10 h dans une usine de traitement de l'uranium. Peu après, les opérateurs remarquent une fuite d'NH3 liquide au sol tandis que les détecteurs NH3 du local de confinement déclenchent les automatismes de mise en sécurité : arrêt du dépotage et ventilation à grand débit du local. Le wagon dispose de 2 piquages de dépotage ; la fuite est en partie basse du wagon, sur le tampon bouché du piquage de dépotage inutilisé. Le tampon est resserré et la fuite s'interrompt 10 min plus tard ; la vanne en amont est suspectée fuyarde. Le dépotage reprend, puis le wagon est immobilisé en sécurité le temps de déterminer les conditions optimales de retour vers le fournisseur. L'inspection des IC est informée. **Ce défaut fréquent sur les wagons d'NH3 avait déjà conduit l'exploitant à confiner la zone de dépotage 7 ans plus tôt (ARIA 32596).**

N°43676 - 15/04/2013 - FRANCE - 49 - DAUMERAY

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

De l'ammoniac (NH3) utilisé comme frigorigène fuit vers 16h45 des installations de réfrigération d'un abattoir de volailles. **Victimes de céphalées et de vomissements, 11 employés incommodés sont pris en charge par le SAMU et les pompiers**. Le personnel arrête la fuite en colmatant un joint défectueux. L'intervention s'achève à 19 h. La gendarmerie s'est rendue sur les lieux.

N°43671 - 11/04/2013 - FRANCE - 14 - SAINT-MARTIN-DES-ENTREES

C10.85 - Fabrication de plats préparés

Dans une usine agroalimentaire de plats préparés surgelés, une fuite de fluide frigorigène se produit vers 19h15 au niveau d'un compresseur dans les installations de réfrigération mettant en œuvre ammoniac (NH3) et frigorigènes Chloro-fluorés. Le système de sécurité détecte de la fumée (frigorigène Chloro-fluoré ?) et se déclenche. Les secours évacuent les 80 employés et 2 binômes sous ARI font une reconnaissance dans le local technique. Une défaillance du moteur du compresseur serait à l'origine de la fuite de 135 kg de fluide frigorigène. **Les employés regagnent leur poste vers 21h15.**

N°43593 - 22/03/2013 - FRANCE - 33 - AMBES

C20.15 - Fabrication de produits azotés et d'engrais

Un feu se déclare vers 19h30 dans le compartiment moteur d'un chariot élévateur à moteur thermique sur le quai de déchargement d'une usine d'engrais de type ammonitrates classée Seveso seuil haut. L'équipe d'intervention interne protège 2 wagons proches contenant 50 t d'ammoniac (NH3) chacun, en établissant une queue de paon et une lance à eau. Les pompiers appelés en renfort éteignent les flammes avec 2 lances à eau et 1 lance à mousse. **L'activité du site n'est pas perturbée.**

N°43350 - 03/02/2013 - FRANCE - 67 - WISCHES

C10.20 - Transformation et conservation de poisson, de crustacés et de mollusques

Une micro fuite d'ammoniac (NH3) de réfrigération se produit vers 10h45 sur une vanne dans une usine de transformation du poisson. Les 99 employés présents quittent l'établissement. Les détecteurs implantés dans l'installation relèvent **20 ppm d'NH3 dans l'atmosphère**. L'intervention qui mobilise des pompiers et un technicien spécialisé s'achève à 13h30 ; 11 personnes incommodées, dont 6 employés, seront évacuées.

N°43273 - 14/01/2013 - FRANCE - 65 - MAUBOURGUET

C10.13 - Préparation de produits à base de viande

Dans une usine en zone industrielle transformant de la viande de volailles, un employé signale vers 13 h une odeur d'ammoniac (NH3) dans l'une des unités de production du site. Le service d'hygiène et de sécurité, ainsi que celui de maintenance et d'entretien identifient l'origine probable de l'incident : **une fuite d'alcali 25** (liquide caloporteur contenant 25 % d'NH3) sur un tunnel de surgélation en fonctionnement entre 10h30 et 12h30. Les 235 employés évacuent l'usine. La vanne d'alimentation du circuit de refroidissement du tunnel est fermée. Un dispositif d'aspersion est déclenché pour abattre les vapeurs ammoniacales. Sur place lors des faits, le frigoriste externe entretenant les installations intervient dès 13H20 mais ne peut identifier précisément l'origine de la fuite après la mise en service de ce dispositif d'aspersion.

L'exploitant de la station d'épuration locale est alerté pour qu'il mette en charge son bassin tampon et éviter ainsi toute perturbation du fonctionnement de ses installations de traitement. Les pompiers interviennent, plus de 100 ppm d'NH3 (l'appareil utilisé ne peut mesurer des concentrations supérieures) sont relevés dans le couloir de production et la cellule de surgélation. Les locaux sont rincés et ventilés. L'échangeur est vidangé et 500 des 700 l d'alcali mis en œuvre sont récupérés. L'intervention s'achève vers 21h30. La gendarmerie s'est rendue sur les lieux et l'inspection des IC a été informée.

La cause de l'incident sera finalement identifiée 48 h plus tard sur l'une des soudures d'un collecteur de la batterie de réfrigération. L'installation avait été mise en service en 2009. Un contrôle radiographique est effectué avant réparation.

N°43331 - 09/12/2012 - FRANCE - 44 - CAMPBON

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Le gardien d'une laiterie, alerté par un bruit de tôle, constate à 19 h une fuite de lait par le trou d'homme d'un réservoir de 100 m³. La capacité s'est inclinée de 10 °. Il prévient le cadre et l'électromécanicien de permanence. Ce dernier, sur place à 19h10, isole les réseaux d'eaux usées et pluviales. Le lait est transféré dans un autre réservoir.

Les pompiers, sur place à 19h45, sécurisent la zone et vérifient que les moyens de confinement et de récupération du lait sont correctement mis en œuvre. Les eaux polluées au lait sont stockées dans le bassin d'orage, puis orientées vers la station d'épuration. La vidange du réservoir s'achève à 20h30. L'intervention se termine à 21 h avec un point de situation réalisé entre les différents acteurs présents sur site : le maire, un représentant d'une usine de potabilisation de l'eau, les pompiers et 4 employés de l'usine. L'agence Régionale de Santé (ARS) et l'inspection des installations classées ont été informées.

La quantité de lait perdu est estimée à 1 m³. La police de l'eau ne relève pas de pollution du milieu. L'activité du site n'est pas impactée par l'incident car la cuve concernée représente moins de 10 % de la capacité totale de stockage.

Le lendemain, l'exploitant contacte une société spécialisée pour préparer l'enlèvement de la cuve. Cette opération se déroule dans la semaine et mobilise des moyens conséquents (grues, nacelle, camion). **La société chargée de la gestion de la production d'eau glacée est présente en raison du risque lié à la proximité des installations d'ammoniac (salle des machines NH3 à quelques mètres, grue risquant d'endommager les canalisations NH3 en toiture et le ballon basse pression**).

N°43348 - 30/11/2012 - FRANCE - 95 - SAINT-OUEN-L'AUMONE

C25.62 - Usinage

Une forte odeur d'ammoniac (NH3) est perçue vers 15h30 dans un atelier d'une entreprise de travail des métaux. Les 49 employés sont évacués jusqu'à 20h40 (fin de poste) et la production reprend le lundi à 6 h après le week-end. Dans le cadre de son activité de traitement thermique anticorrosion de pièces métalliques, l'entreprise utilise une poudre (appelée "cément") fabriquée sur place dans un mélangeur avec de l'alumine, du chrome, de l'aluminium et un activateur le chlorure d'ammonium. Du nitrure d'aluminium est également présent dans ce cément mais c'est une substance indésirable qui se forme au cours de l'utilisation répétée de la poudre et dont la teneur fait l'objet d'un suivi par des analyses d'azote. **L'hydrolyse de ce nitrure d'aluminium à la suite d'un mélange de cément et d'eau est à l'origine de l'émission de NH3 dans le bâtiment. L'enquête révèle également que ce contact avec l'eau s'est produit en raison d'une erreur de raccordement d'une tuyauterie lors de travaux de maintenance** (réparation de canalisation) sur l'installation de fabrication de poudre ; cette intervention effectuée le 07/11 était exceptionnelle et inhabituelle. Le jour de l'incident, un pincement du tuyau reliant une pompe à anneau liquide et le filtre à manches du mélangeur à cément a provoqué une dépression dans le circuit et une remontée d'eau qui est venue en contact avec la poudre en raison du mauvais branchement. La perte d'exploitation est évaluée à 21 k.Euros.

A la suite de l'incident, l'exploitant prévoit la mise en place de codes de couleurs sur les tuyauteries pour éviter les erreurs de remontage.

N°43581 - 23/10/2012 - FRANCE - 67 - HOCHFELDEN

C11.05 - Fabrication de bière

Un sous-traitant frigoriste détecte une fuite d'ammoniac (NH3) à 2,4 bars sur le circuit basse pression (BP) des installations de réfrigération d'une brasserie. La vanne est expertisée par son constructeur et une ronde particulière toutes les 2 h est instaurée pour surveiller l'évolution de l'incident avant intervention technique (rendu d'expertise, commande et livraison d'une nouvelle vanne...).

Les travaux sont réalisés 10 jours après constat de la fuite. Le frigoriste externe vidange les 3,4 t d'NH3 contenues dans l'installation pour les transférer dans 5 conteneurs de 1 000 l spécifiques (remplissage contrôlé via transpalette peseur). La vanne est remplacée, l'installation est rechargée en NH3 et un appoint complémentaire de 180 kg d'NH3 est effectué ; un appoint non directement lié à la fuite très limitée, mais destiné à remplacer l'alcali généré lors du tirage au vide du ballon BP.

La fuite est consécutive à une microfissure sur le corps de la vanne papillon de DN 200 installée en novembre 2011 sur l'installation qui a été mise en service en mars 2012. Positionnée sur une conduite d'NH3 en phase gaz, à l'extrémité d'un piquage en attente pour une éventuelle extension future, cette vanne présentait un défaut de fabrication. L'NH3 était émis au niveau du « renflement » (élargissement servant de puits à la tige de manœuvre).

L'intervention a entraîné l'arrêt complet de l'usine durant 48 h. **Le rejet de gaz toxique dans l'atmosphère est resté suffisamment faible pour ne jamais entraîner le déclenchement sur seuil bas de la chaîne de détection NH3 implantée dans l'établissement. Les 10 capteurs NH3 constituant cette chaîne sont néanmoins contrôlés.**

N°42856 - 15/10/2012 - FRANCE - 56 - LORIENT

C10.20 - Transformation et conservation de poisson, de crustacés et de mollusques

Un feu se déclare vers 4h30 dans un four d'une usine de transformation et de conservation de produits de la mer ; 2 employés prenant leur service donnent l'alerte.

Les pompiers éteignent le sinistre en quelques minutes. Les dommages matériels sont limités ; l'incendie d'un tapis roulant d'un tunnel de congélation a généré des gaz de combustion acides. **Les installations de réfrigérations du site (ammoniac (NH3) et CFC) n'ont pas été atteintes**. Lors de contrôles atmosphériques, les secours détecteront cependant la présence de NH3 dans une chambre froide. Les locaux sont ventilés. La production est arrêtée et 80 employés sont en chômage technique pour la journée.

Un dépôt de calamine serait à l'origine du sinistre. Un évènement similaire s'était déjà produit dans l'établissement un mois plus tôt.

N°42816 - 29/09/2012 - FRANCE - 61 - PACE

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Dans la salle des machines d'une fromagerie, une fuite gazeuse d'ammoniac (NH3) de réfrigération a lieu vers 9 h au niveau de 2 réservoirs contenant respectivement 600 et 800 kg d'NH3. Les compresseurs s'arrêtent automatiquement sur détection d'NH3. Les énergies du local sont coupées, la ventilation restant en service. Un périmètre de sécurité est établi et les 40 employés du site se confinent. Une quarantaine de pompiers et d'importants moyens matériels interviennent **; le local dont l'atmosphère contient 273 ppm d'NH3 est assaini à l'aide d'un ventilateur hydraulique complémentaire**. Un frigoriste tiers isole le compresseur, puis remet progressivement et partiellement en service l'installation en redémarrant 3 des 5 compresseurs pour éviter une perte de production : 700 t de fromages en cours d'affinage à préserver. Une vanne qui fuyait est réparée. L'intervention s'achève à 14h15. La gendarmerie et un élu local se sont rendus sur les lieux.

N°42835 - 18/09/2012 - FRANCE - 56 - PLOURAY

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

Dans une usine de transformation et conservation de viande de volaille, une fuite d'ammoniac (NH3) de réfrigération se produit à 15 h lors de travaux d'adaptation des supports de tuyauteries et d'installation d'une goulotte d'évacuation des eaux de dégivrage pour protéger des tuyauteries où circule le frigorigène toxique.

L'intervention s'effectue dans l'atelier palettisation, le long d'un couloir longeant la chambre de stockage. Un plan de prévention et un permis de feu ont été préalablement établis avec le sous-traitant. Intervenant sur une nacelle à 4 m de haut, avant la pose de rivets, le technicien non frigoriste perce le calorifugeage en aluminium (ép. Habituelle 8 à 9 cm) d'une tuyauterie d'NH3 face à l'entrée d'une chambre froide. Sentant une résistance et envisageant la présence de glace, il perce à 1 cm et atteint la canalisation. La fuite d'NH3 liquide en limite de l'atelier de palettisation conduit à évacuer ce dernier, puis quelques minutes plus tard le site qui suspend ses activités. **Le technicien descendu rapidement de la nacelle est indemne et aucune victime n'est à déplorer.**

Des techniciens de l'usine isolent peu après la tuyauterie percée en fermant des vannes (départ liquide / départ gaz chaud), coupent l'aspiration, éteignent les tunnels de congélation et ouvrent une vanne d'aspiration jusqu'à tirage au vide. Le frigoriste extérieur chargé du suivi des installations intervient à 16 h ; 3 h sont nécessaires pour vider la tuyauterie endommagée (15 kg NH3) en aspirant l'NH3 résiduel et la réparer provisoirement (taraudage / pose d'une vis provisoire). L'NH3 liquide répandu dans la goulotte sous la tuyauterie est récupéré dans un fût de 200 l.

L'installation est remise à l'air libre (arrêt du tirage à vide) le lendemain et un chaudronnier dûment habilité colmate le point de fuite avec un point de soudure. La réparation est vérifiée, puis l'installation redémarre à 11h30.

Dans les faits, le technicien a percé la tuyauterie vers un coude. De plus, 2 tuyauteries d'NH3 et non une seule se côtoyaient dans le calorifuge qui n'était donc pas très épais en cet emplacement. Plusieurs mesures préventives ou correctives sont prises après cet accident :

- rédaction pour tous les travaux d'un cahier des charges précis, validé par la sécurité, la maintenance et le sous-traitant chargé des travaux. Une check-liste est établie pour aider à réaliser ce cahier.
- contrôle visuel lors de la pose de calorifugeage pour vérifier la présence d'isolant tout au long de la canalisation.

Selon l'exploitant, la présence ici de 2 canalisations expliquant le défaut d'isolant ne serait plus pratiquée aujourd'hui.

- tout perçage de calorifuge est interdit.
- remplacement de toutes les cartouches des masques NH3.
- accès amélioré à la station des vannes.
- suppression des supports de goulottes fixés sur les calorifuges au profit d'une fixation de ces goulottes sur les structures de l'usine.

N°42724 - 08/09/2012 - FRANCE - 53 - LAVAL

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Un feu se déclare, vers 7 h, dans l'entrepôt d'un abattoir de 2 000 m². L'entreprise étant fermée le samedi, un technicien effectuant une ronde de sécurité donne l'alerte. Ancien entrepôt frigorifique, ce bâtiment abrite un stock d'emballages (palettes, cartons, barquettes en plastique et films), des caddies, des convertisseurs et des pièces détachées, tout en étant utilisé comme local de charge des chariots ; la laveuse de bacs y est installée, ainsi qu'un atelier de conditionnement de gibier. Le cloisonnement, constitué de panneaux sandwich en polyuréthane, contribue au dégagement de l'épaisse fumée noire visible à des km. Le POI est déclenché et l'établissement est mis en sécurité.

Les pompiers éteignent l'incendie avec 11 lances à eau dont 3 sur échelle. Le bâtiment est détruit mais la partie administrative et les abattoirs n'ont pas été atteints. **Le stockage de 6 t d'ammoniac (NH3) situé initialement dans le bâtiment et déplacé en 2011, ainsi que les installations de réfrigération n'ont pas été impliquées.** Les eaux d'extinction, non confinées malgré les aires de rétention prévues à cet effet, s'écoulent par les canalisations internes du bâtiment en feu et se dirigent via un ancien réseau des eaux usées vers la station d'épuration communale qui est arrêtée, de même que la station de prétraitement. Les secours effectuent des prélèvements d'air et d'eau.

La préfète et le ministre délégué à l'Agroalimentaire se rendent sur place. L'inspection des installations classées se rend sur les lieux le lundi 10/09. L'activité de l'abattoir reprend aussi le lundi alors que la zone accidentée est sécurisée, une étude de désamiantage doit être réalisée. Une enquête judiciaire est effectuée. Dans l'attente des résultats des investigations, le bâtiment n'est pas reconstruit, mais remplacé à terme par un hangar de stockage.

N°42798 - 08/09/2012 - FRANCE - 971 - BAIE-MAHAULT

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Dans une usine de glaces, yaourts et jus de fruits, 2 fuites d'ammoniac (NH3) de réfrigération sont détectées par le système de surveillance automatisé, l'une le 6/09, la 2ème le 8/09. Ces fuites conduisent à la mise en sécurité des installations et au déclenchement du POI à 2 reprises.

La fuite du 6/09 est détectée dans la salle des machines vers 21h40. Les installations de sécurité asservies aux détecteurs fonctionnent correctement : les sirènes se déclenchent, le circuit électrique disjoncte et les vannes se ferment. Lors de sa dernière ronde à 20 h, l'agent de sécurité n'a identifié aucune anomalie. Les secours, alertés par le voisinage vers 21h45, établissent un périmètre de sécurité et effectuent une reconnaissance avec un employé du site. La concentration d'ammoniac mesurée est proche de zéro. L'exploitant localise la fuite au niveau du joint d'un filtre d'alimentation de la bouteille basse pression, à proximité d'un détecteur de NH3. Le joint est remplacé et le circuit remis en pression le lendemain vers 7 h. L'installation redémarre vers 9h30. La détection rapide de la fuite compte-tenu de la proximité du détecteur limite la quantité de NH3 libérée à 1 ou 2 kg.

Vers 1h20, le 8/09, le système de surveillance automatisé détecte une nouvelle fuite dans la salle des machines.

Lors de sa dernière ronde à minuit, l'agent de sécurité n'a rien décelé d'anormal. Il appelle les secours et le cadre d'astreinte, puis incommodé, quitte son poste et se rend à une station-service proche sans penser à prendre son masque de protection. A 1h30, les secours mesurent 8 ppm de NH3 à 2 km du site (concentration inférieure au seuil de toxicité). Le cadre d'astreinte arrive à 1h40, suivi du directeur du site à 1h45. Les secours, sur place à 2 h, établissent un périmètre de sécurité. Les concentrations en ammoniac vers 2h15 sont de 2 ppm autour du site, 5 ppm à l'entrée, 13 ppm devant la salle des machines et de plus de 200 ppm (saturation de l'appareil) au niveau de l'escalier accédant au toit où est située la soupape à l'origine du

rejet. Cette dernière est réparée et son fonctionnement vérifié entre 2 et 4 h, heure à laquelle l'installation est redémarrée. Les secours quittent les lieux à 4h50. Une ronde effectuée par un technicien est prévue toutes les 4 h jusqu'au lundi matin, 10/09, pour parer à tout nouvel incident. Cette seconde fuite a eu lieu sur le toit et a été détectée par 2 détecteurs à l'intérieur de la salle des machines. Aucun détecteur n'est implanté sur le toit, la fuite, qui a donc été stoppée plus tardivement, est évaluée par l'exploitant à 40 kg.
L'inspection des IC (IIC) se rend sur les lieux à 9 h et rappelle à l'exploitant la nécessité de la prévenir dans les meilleurs délais lors d'incidents ou d'accidents sur son installation. L'exploitant ne l'a pas prévenue lors de la première fuite. L'IIC lui demande également d'étudier le renforcement de la détection NH3 «hors salle des machines», à proximité des soupapes ou en limite d'établissement. Par ailleurs, la soupape défaillante doit être expertisée pour connaître la cause de son dysfonctionnement. L'exploitant l'a envoyée au constructeur le lendemain et s'engage à transmettre le rapport d'expertise prévu sous 3 semaines à l'IIC. Lors de la recherche de la 1ère fuite, le responsable de maintenance avait identifié une trace blanche caractéristique d'une fuite de NH3 sur le toit en dessous d'une des soupapes de sécurité. Cette constatation n'a été suivie d'aucun contrôle de ces soupapes. L'IIC estime qu'une maintenance préventive aurait dû être planifiée dès l'identification de cette trace.
Le 10/09, l'exploitant change 4 des 6 soupapes de sécurité, la soupape défaillante et 3 autres, en attendant de recevoir d'autres soupapes pour changer les 2 dernières. L'IIC s'interroge sur les conditions de sûreté lors du redémarrage du 8/09. L'exploitant indique que les soupapes sont installées par couple sur des lignes parallèles et estime donc que le circuit reste protégé des surpressions. L'IIC lui demande de confirmer ce point par la justification du nombre de soupapes nécessaire à l'évacuation de 100 % du débit requis de décharge. Enfin, aucune formation spécifique n'a jamais été dispensée aux agents internes ou externes sur le risque NH3. Ce point, devant être corrigé sans délai, explique le comportement du gardien, réfugié dans une station-service sans son masque de protection.
L'exploitant a rédigé des procédures de sécurité qui n'ont pas été réactualisées, ni mises à disposition des employés. Les procédures doivent être réactualisées et les employés informés.
L'analyse de ces 2 fuites conduit l'IIC à proposer au préfet un arrêté de mise en demeure portant sur ces différents points.

N°42674 - 28/08/2012 - FRANCE - 38 - SALAISE-SUR-SANNE

C20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

Dans une usine de chimie organique classée Seveso seuil haut, les détecteurs du poste de déchargement rail détectent à 10 h de l'ammoniac (NH3) autour d'un wagon-citerne. Une inspection visuelle permet d'identifier le point de fuite et d'observer la formation d'un bouchon de glace au niveau de la plaque. L'exploitant décide de dépoter la cargaison, les équipes de sécurité de la plate-forme chimique sont mises en alerte. L'opération s'achève à 13h30 et le wagon est envoyé en réparation chez le fournisseur. L'inspection des installations classées est informée. Une expertise est effectuée pour déterminer les causes et circonstances précises de la fuite située en pleine plaque.

N°42628 - 21/08/2012 - FRANCE - 71 - SEVREY

C10.89 - Fabrication d'autres produits alimentaires n.c.a.

Une fuite d'ammoniac (NH3) de réfrigération a lieu vers 18h15 dans un local technique isolé de la zone production d'une usine agroalimentaire (pain, sandwichs). L'NH3 émis se répand sur le site.
Refroidissant à - 8 °C un frigorigène (30 % de glycol / 70 % d'eau) rafraîchissant les salles de production, l'unité comprend 4 compresseurs (3 à vis et 1 à piston en secours), un réservoir BP de 700 kg d'NH3, un condenseur où circule de l'eau refroidie par 2 TAR et l'NH3 HP, ainsi qu'un évaporateur à plaques. Les 3 compresseurs à vis sont lubrifiés par 400 l d'huile circulant via une

pompe du séparateur huile / NH3 vers les 3 compresseurs. Un réfrigérant maintient l'huile à une température inférieure à 85 °C. Un automate contrôle l'ensemble. A 18h35, une société de télésurveillance mentionne un code 3 (alarme NH3) à 1 technicien de maintenance en poste de 12h30 à 21 h. L'opérateur gagne la salle des machines, note l'activation effective d'une alarme visuelle locale et le franchissement des 2èmes seuils de détection de 2 capteurs NH3. Notant aussi une odeur d'NH3 hors du local, il alerte son chef d'équipe maintenance d'astreinte. A son arrivée à 19h20, ce dernier équipé d'un masque à cartouche constate l'arrêt automatique du groupe froid et « condamne » l'unité via l'arrêt d'urgence sur le mur extérieur du bâtiment. Ne parvenant pas à identifier l'origine de la fuite, il informe le responsable sécurité du site et alerte les pompiers. Hors 9 agents de maintenance restant sur place, 57 employés évacuent leurs postes, se regroupent dans la cafétéria du site, puis sont renvoyés chez eux.
Lors d'une 1ère reconnaissance vers 20 h et bien qu'incommodés par l'NH3 imprégnant leurs tenues, 2 pompiers sous ARI identifient une importante fuite gazeuse sous le séparateur d'huile du compresseur de secours, ferment une vanne sous celui-ci sans stopper la fuite et ressortent de la salle avec le plan de l'installation qui était affiché sur un mur. L'intervention se poursuit avec l'aide de l'un des techniciens de maintenance et repérage préalable des vannes à actionner. A 21h15, des pompiers en scaphandres isolent le compresseur en fermant des vannes. Des relevés d'NH3 dans l'air confirment l'arrêt de la fuite. Le personnel d'hygiène peut nettoyer les lignes de production à partir de 22h15. Les pompiers quittent les lieux à 22h30 après démarrage de 2 des 3 compresseurs à vis. La production reprend à 5 h.
La fuite résulte d'une fissure en partie haute du flotteur du déshuileur du compresseur à piston. Un frigoriste tiers répare les installations. L'exploitant note le bon fonctionnement des alarmes : détection gaz gérant ventilation du local, ainsi qu'alarme et coupure des énergies électriques dans la salle, mais aussi télétransmission. Cependant, l'inspection des IC trouve inopportun le choix de cette dernière à partir du 2ème seuil en l'absence d'alarme sonore locale sur dépassement du 1er seuil. La gestion de ces alarmes fera l'objet d'une nouvelle étude.

N°42637 - 21/08/2012 - FRANCE - 68 - OTTMARSHEIM
C20.15 - Fabrication de produits azotés et d'engrais
Dans une usine chimique classée Seveso, fabriquant des ammonitrates, de l'acide nitrique et de l'ammoniac, un feu se déclare peu avant minuit vers une porte automatique d'accès à un hangar de stockage d'engrais. Le POI est déclenché et les secours internes aidés des pompiers éteignent rapidement l'incendie sans qu'il n'y ait de propagation aux autres installations. Le stock d'engrais n'est pas atteint et l'activité du site n'est pas impactée.
L'exploitant publie un communiqué de presse le lendemain matin. L'enquête de l'exploitant révèle que la source d'inflammation résulte d'une défaillance électrique sur un bloc d'éclairage au néon pourtant conforme (norme IPX).

N°42560 - 27/07/2012 - FRANCE - 80 - ESTREES-MONS
C10.39 - Autre transformation et conservation de fruits et légumes
Dans une usine agroalimentaire, une fuite d'ammoniac se produit vers 16 h sur une soupape de sécurité des installations de réfrigération. L'usine est arrêtée et évacuée. Les secours transportent à l'hôpital 18 employés intoxiqués, 15 d'entre eux rentrent après examen, 3 sont gardés en observation. La production reprend vers 19 h.

N°42415 - 08/07/2012 - FRANCE - 29 - CONCARNEAU
C10.89 - Fabrication d'autres produits alimentaires n.c.a.
Lors du remplacement d'une vanne, une fuite d'ammoniac (NH3) se produit vers 11h30 sur l'installation de réfrigération d'une usine d'aliments pour animaux. Lors de cette maintenance programmée, 2 vannes de refoulement des pompes NH3 doivent être remplacées après constat le 02/07 d'un manque d'étanchéité. La mise en sécurité automatique de l'installation

entraîne l'arrêt de l'installation de réfrigération. A leur arrivée à 12h02, les secours, équipés de scaphandres, établissent un périmètre de sécurité de 300 m, interrompent la circulation et transportent à l'hôpital 3 personnes présentes sur un bateau océanographique situé sous le vent de l'usine et qui ont été intoxiquées par les émanations.
Une société spécialisée stoppe la fuite et remplace la vanne défectueuse en présence des pompiers. La fuite est maîtrisée vers 13 h ; 50 l d'NH3 se sont échappés des installations. Les pompiers ventilent les bâtiments et contrôlent régulièrement les concentrations en NH3. Des riverains dont le logement présente une concentration de 3 ppm d'NH3 sont examinés. L'exploitant signale vers 21h30 que 18 m³ d'eau de rinçage saturée en NH3 se seraient écoulés dans les égouts ; le responsable de la station d'épuration est informé. Un élu se rend sur les lieux. Après vérification de l'étanchéité, l'installation est remise en fonctionnement, l'intervention s'achève le lendemain à 2 h.
Sur site le 09/07, l'inspection des IC note une très forte odeur d'NH3 dans la salle des machines, ainsi que l'absence de rapport d'intervention du frigoriste extérieur chargé de la maintenance des installations. Elle constate par ailleurs que les seuils de détection d'NH3 dans la salle des machines sont trop élevés (2 000 et 4 000 ppm au lieu de 500 et 1 000 ppm).
L'exploitant ventile et nettoie la salle des machines. Après cette visite, considérant notamment la localisation de l'établissement dans la zone portuaire proche du centre-ville, ainsi que l'absence d'expertise sur les origines et les causes de la fuite, l'inspection des IC propose un arrêté préfectoral de prescriptions d'urgence. Un audit réglementaire des installations de réfrigération doit être réalisé en incluant la recherche des causes de l'accident, ainsi qu'un contrôle d'étanchéité de l'ensemble de l'installation. Une actualisation de l'étude de dangers est également demandée. L'exploitant doit enfin mettre en conformité la détection NH3 dont est équipée la salle des machines ; cette intervention est programmée le 18/07.

N°42327 - 22/06/2012 - FRANCE - 29 - BANNALEC

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Dans une usine de découpe de viande, un feu vers 18 h en 3 points distincts dans la salle des machines des installations de réfrigération se propage par les panneaux sandwichs aux combles du bâtiment. Les fumées incommodent 6 personnes dont 3 seront hospitalisées.

Tout en protégeant les 2,5 t d'ammoniac (NH3) contenues dans le bâtiment, les pompiers assistés d'une CMIC parviennent à éteindre l'incendie à 19 h, puis ventilent les locaux. Un 2ème foyer impliquant 100 m de câbles sera éteint à 21 h. Pour éviter toute pollution d'un ruisseau proche, l'exploitant ferme la vanne d'écoulement du bassin de rétention d'eau incendie et sécurise la vanne d'isolement. L'intervention des secours s'achève à 0h44.

Le feu serait d'origine électrique. Les énergies sont coupées dans l'établissement et une société spécialisée est contactée pour vidanger les installations sinistrées Le stock de viande (10 t de marchandises, 30 t de matières premières et 15 t de produits finis) est évacué du site. La production est arrêtée. Une centaine d'employés est en chômage technique pour plusieurs semaines.

Le maire et la gendarmerie se sont rendus sur les lieux. L'inspection des IC constate les dommages quelques jours plus tard : calorifugeages abîmés ou détruits et dépôts de suie sur de nombreuses canalisations NH3 autour des compresseurs et sur des organes de sécurité (vannes, purges automatiques), canalisations et organes de sécurité proches du réservoir d'NH3 dégradés par le flux thermique, calorifugeage et indicateur de niveau du réservoir endommagés. Plusieurs non-conformités sont également notées : installation sinistrée insuffisamment surveillée, intervention d'une société extérieure sur les coffrets électriques dans la salle des machines non accompagnée et non informée des risques résiduels, non fonctionnement de l'installation de pré-traitement, conteneurs d'NH3 stockés hors rétention.

Des arrêtés préfectoraux d'urgence imposent la mise en sécurité du site en précisant les conditions de vidange des circuits NH3 et de redémarrage des installations : audit détaillé des installations de réfrigération par un tiers, mise à jour de l'étude de danger des installations Aucun conteneur d'NH3 ne devra être stocké sur le site, mais évacué dès que rempli. Une expertise devra établir un inventaire des équipements susceptibles d'être affectés par une cause similaire à celle qui a provoqué cet incendie. Un diagnostic de mise en sécurité des structures de la salle des machines sera enfin réalisé, ainsi qu'un inventaire de tous les équipements abrités dans la salle des machines, impactés ou non par l'incendie, et des éléments de structure (poteaux, poutres) susceptibles d'avoir été impactés.

N°42215 - 31/05/2012 - FRANCE - 26 - BOURG-DE-PEAGE

G46.22 - Commerce de gros de fleurs et plantes

Un feu se déclare vers 3 h dans un entrepôt de fleurs de 2 000 m² mettant en œuvre une installation de réfrigération utilisant de l'ammoniac (NH3) comme fluide frigorigène. Les pompiers déploient 7 lances à eau. L'incendie est éteint à 5 h et l'intervention des secours s'achève à 8 h. Les flammes ont détruit 240 m² de chambres froides, mais aucune autre information n'est donnée sur l'état du reste des installations de réfrigération.

N°42162 - 14/05/2012 - FRANCE - 53 - CRAON

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Une pollution de l'OUDON avec une importante mortalité piscicole est détectée le 17/05 sur plusieurs kilomètres. Les secours installent des barrages flottants et un arrêté préfectoral interdit la pêche dans le département et dans celui du Maine-et-Loire. Les captages d'eau de Saint Aubin et de Segré sont fermés le 18/05, la pêche est interdite et les autorités agricoles appellent les éleveurs à ne pas laisser leurs animaux boire l'eau de la rivière. Des prélèvements sont effectués en 4 points. L'inspection des IC se rend sur les lieux. L'interdiction de pêcher sera levée le 18/05 en fin de journée.

Trois jours plus tôt, à 4 h, une laiterie avait rejeté dans le milieu 30 m³ d'eau contenant 600 kg d'ammoniac (NH3) à cause d'une une fuite sur le circuit de réfrigération du bac à eau glacée (herses corrodées ?). Une association de pêche porte plainte.

N°42117 - 27/04/2012 - FRANCE - 18 - SAINT-HILAIRE-EN-LIGNIERES

A01.50 - Culture et élevage associés

Un feu se déclare à 3h45 dans un bâtiment agricole et s'étend sur 5 000 m². A 9h15, les pompiers découvrent au milieu de paille en feu 20 t d'engrais en décomposition auto entretenue dont la composition ne peut être identifiée. L'extraction étant impossible, les pompiers procèdent au noyage à l'eau sous surveillance d'une caméra thermique. Un barrage de bottes de paille est dressé pour prévenir toute pollution du cours d'eau voisin. La préfecture est informée de la détection d'ammoniac (NH3), de Chlore (Cl2) et de monoxyde d'azote (NO) dans les fumées. La municipalité contacte une société privée pour déblayer les gravats. Les derniers foyers sont éteints le lendemain à 5h50. L'ONEMA a été informée de l'incendie.

N°41936 - 28/03/2012 - FRANCE - 89 - VERMENTON

A01.11 - Culture de céréales (à l'exception du riz), de légumineuses et de graines oléagineuses

Un feu se déclare à 12h50 dans un bâtiment agricole de 1 200 m² abritant du matériel d'exploitation, une bouteille de gaz, du fourrage, des produits phytosanitaires et des engrais azotés. A l'arrivée des pompiers, l'édifice est totalement embrasé et en partie effondré. L'alimentation en eau étant insuffisante, une noria de camions est organisée pour alimenter les lances à eau et à mousse. Les flammes se propagent à la végétation proche. Les mesures atmosphériques après extinction indiquent 20 ppm d'ammoniac (NH3) et 1 ppm de chlore (Cl2). Le noyage des foyers résiduels et le déblaiement s'achèvent en début de soirée.

Les services du gaz et de l'électricité, le maire et la gendarmerie se sont rendus sur place.

N°41816 - 25/02/2012 - FRANCE - 72 - SABLE-SUR-SARTHE

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Dans une fromagerie industrielle, une fuite évaluée à 10 l/min d'ammoniac de réfrigération (NH3) en phase liquide se produit vers 19h30 sur un joint de canalisation.

L'intervention mobilise une cinquantaine de pompiers dont une CMIC avec de nombreux véhicules de secours, ainsi que des gendarmes. Les 19 employés de l'établissement sont évacués et un périmètre de sécurité est établi ; une centaine de personnes doit quitter des restaurants proches et la circulation est interrompue sur la départementale D309. Un élu se rend sur les lieux.

L'intervention mobilise une cinquantaine de pompiers. Des rideaux d'eau sont établis pour limiter la propagation du nuage d'NH3 formé. Des techniciens de l'entreprise et d'une société spécialisée parviennent à stopper la fuite à 21 h (500 kg d'NH3 perdus ?) et la circulation est rétablie à 22h20. Les pompiers quittent le site à 23h10 après réparation effective des vannes impliquées.

En juillet 1997, une fuite d'NH3 dans ce même établissement avait conduit à l'hospitalisation par précaution de 28 salariés (ARIA 10815). En janvier 1998, l'explosion d'un générateur à vapeur avait dévasté la chaufferie du site (ARIA
14821).

N°41629 - 02/01/2012 - FRANCE - 78 - MANTES-LA-JOLIE

R93.29 - Autres activités récréatives et de loisirs

Une fuite d'ammoniac (NH3) est signalée à 10h15 dans le local technique d'une patinoire municipale non ouverte au public. Les pompiers interviennent, le personnel est évacué et aucune victime n'est à déplorer. Le local est ventilé et la situation est considérée sous contrôle à 12h06. Les lieux sont maintenus sous surveillance dans l'après-midi, puis une nouvelle reconnaissance est effectuée à 22h15 en présence du responsable de l'établissement et d'un technicien d'une société de maintenance ; 300 ppm d'NH3 sont relevées. Le technicien frigoriste identifie l'origine de la fuite : un compresseur inutilisé depuis plusieurs mois. Le frigoriste arrête la fuite en fermant une vanne d'alimentation en NH3. La teneur en NH3 dans le bâtiment diminue progressivement et l'intervention des secours s'achève à 23h20.

N°41479 - 29/12/2011 - FRANCE - 65 - BORDERES-SUR-L'ECHEZ

C10.13 - Préparation de produits à base de viande

A son arrivée à 7h30, l'un des 2 ou 3 employés d'un établissement de 2 500 m² spécialisé dans la maturation des
jambons constate un important dégagement d'ammoniac (NH3) par une conduite d'évacuation débouchant hors du bâtiment. Gêné par le nuage toxique, Il tente seul mais sans y parvenir d'actionner l'arrêt d'urgence et prévient l'agent de permanence qui actionne à son tour le dispositif d'arrêt à 8h05, puis alerte les secours.

Un vent de sud-ouest déplace le nuage vers 2 autres établissements évacués par une trentaine d'employés percevant des odeurs d'NH3 ; 2 d'entre eux incommodés seront hospitalisés ½ journée par précaution. Les pompiers mettent en sécurité les salariés, puis 3 binômes équipés d'ARI effectuent des mesures de toxicité, détectant 13 ppm d'NH3 au maximum, concentration inférieure aux 1ers seuils de dangerosité. Les salariés réintègrent leurs usines 2h30 plus tard.

L'installation avait fait l'objet d'une maintenance la veille de l'événement à la suite d'un 1er dysfonctionnement, le frigoriste intervenant pour la 1ère fois dans l'établissement.

La fuite résulte d'une surpression dans le circuit avec ouverture d'une soupape de sécurité tarée à 19,5 bar et rejet d'NH3 gazeux à l'air libre. Le non déclenchement des 2 capteurs dans la salle des machines confirme que le seuil de 200 ppm d'NH3 n'a pas été dépassé. A contrario, le pressostat à seuil unique implanté en amont de la soupape de sécurité n'a pas joué son rôle ; en effet, il aurait dû arrêter l'installation avant que la pression n'atteigne 19,5 bar. La quantité d'NH3 libérée est évaluée dans un premier temps à 40 kg sur une charge totale de 80 kg.

L'inspection des IC, sur place à 10h45, avance l'hypothèse d'une montée en pression consécutive à un défaut d'entretien des 2 échangeurs de chaleur à plaques et demande un nouveau tarage de la soupape, ainsi que l'ouverture et le nettoyage des 2 échangeurs avant tout redémarrage de l'installation. La soupape sera tarée le 04/01 et l'installation est rechargée avec 25 kg de frigorigène. Lors de son intervention, le frigoriste constatera effectivement que l'échangeur à plaques est rempli de calcaire qui formera une fois extrait de l'appareil un tas de 80 x 30 cm, certains morceaux atteignant 10 x 6 cm.

L'installation est redémarrée le 04/01 à 17 h pour une remise en froid des équipements et faciliter l'évacuation de
l'humidité, des moisissures commençant à se former. L'exploitant décide d'arrêter définitivement le site à la fin du
processus de maturation des jambons et au plus tard en octobre 2012.

Le 06/01, l'exploitant installe une unité de réfrigération mobile mettant en œuvre un gaz chloro-fluoré qui remplace son groupe NH3 et restera en fonctionnement jusqu'en octobre 2012. La salle des machines abritant le groupe NH3 est définitivement arrêtée le 5 janvier.

41299 - 17/11/2011 - FRANCE - 49 - ANGERS

G46.3 - Commerce de gros de produits alimentaires, de boissons et de tabac

Une fuite d'ammoniac (NH3) a lieu vers 10 h sur les installations de réfrigération d'un marché de gros mettant en œuvre 680 kg de frigorigène toxique. Les secours évacuent 40 employés, établissent un périmètre de sécurité de 100 m et installent un rideau d'eau à l'entrée du bâtiment. Un binôme de pompiers et un agent de maintenance sous ARI arrêtent la fuite ; 300 ppm d'NH3 sont mesurées à proximité de celle-ci. La ventilation du bâtiment est peu efficace et la concentration en NH3 ne diminue pas. Finalement, les pompiers découvrent une fosse contenant 0,4 m³ d'ammoniaque (NH4OH). Une société privée pompe cette solution aqueuse et la ventilation est enfin suffisante pour aérer le bâtiment.

L'intervention des secours s'achève à 15h45, mais l'accès au bâtiment est interdit 24 h. Deux employés et 2 pompiers ont été incommodés durant l'intervention ; 1 restaurant employant 7 personnes a dû suspendre son activité. La police et un élu local se sont rendus sur les lieux.

N°41186 - 31/10/2011 - FRANCE - 57 - FLORANGE

C24.10 - Sidérurgie

Dans une usine sidérurgique, une fuite de 2 l d'ammoniac (NH3) a lieu vers 9 h lors du démantèlement d'une ancienne installation de réfrigération. L'accident qui met en cause une canalisation, fait suite à un problème de by-pass : installation insuffisamment vidangée / mise en sécurité avant travaux ?. Les 8 employés effectuant les travaux sont transférés vers un hôpital par précaution ; l'un d'eux a été légèrement brûlé au visage par un jet de frigorigène, les 7 autres ont été plus ou moins incommodés. Les pompiers mesurent 5 ppm d'NH3 dans l'air, leurs explosimètres, saturés à proximité de la fuite, indiquant 0 % de la LIE à 1,5 m de cette dernière. Un périmètre de sécurité de 250 m est établi. L'intervention des secours s'achève vers midi, une société privée purgera l'installation. La police effectue une enquête sur les lieux.

N°41113 - 14/10/2011 - FRANCE - 67 - STRASBOURG

Q86.10 - Activités hospitalières

Dans le local de maintenance de matériel médical d'un hôpital, une fuite d'ammoniac (NH3) de réfrigération se produit à 12h45 sur un réfrigérateur mis en service en 1970. Un périmètre de sécurité est mis en place. Les pompiers mesurent 14 ppm d'NH3 dans le local qui est ventilé. Le service de sécurité de l'établissement prend ensuite en charge l'appareil.

L'intervention des secours s'achève vers 16h20. Un incident comparable est répertorié dans un immeuble de bureaux en octobre 2011 (ARIA 41066). L'installation était probablement à absorption et ancienne (plus de 40 ans) avec une faible charge de frigorigène. La fuite s'est sans doute produite sous forme de solution ammoniacale plutôt que gazeuse.

N°41066 - 05/10/2011 - FRANCE - 69 - LYON

M70.22 - Conseil pour les affaires et autres conseils de gestion

Une fuite d'ammoniac (NH3) de réfrigération se produit vers 9h50 sur un réfrigérateur au 1er des 7 étages d'un immeuble de bureaux. Les secours qui mesurent une concentration 200 ppm d'NH3 dans les locaux, évacuent 70 personnes et ventilent le bâtiment. Après contrôle ne révélant plus de concentrations anormales, les employés regagnent leurs bureaux vers 11 h. Un incident comparable est répertorié dans un hôpital en octobre 2011 (ARIA 41113). L'installation était probablement à absorption et ancienne (plus de 40 ans) avec une faible

charge de frigorigène. La fuite s'est sans doute produite sous forme de solution ammoniacale plutôt que gazeuse.

N°40945 - 13/09/2011 - FRANCE - 55 - AUBREVILLE

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Voulant nettoyer le bâtiment d'une ancienne fromagerie à l'arrêt depuis 20 ans, son actuel propriétaire réalisant des travaux pour remblayer une fosse sectionne une tuyauterie sans se douter qu'elle était reliée à un réservoir d'ammoniac (NH3 de réfrigération ou NH4OH utilisé pour le nettoyage et l'entretien des installations ?) non mis en sécurité avant abandon des installations. Une importante émission d'NH3 gazeux envahit le bâtiment. La gendarmerie sera alertée 48 h plus tard à 13h30 par un voisin qui constate que son jardin potager situé à quelques mètres de l'établissement en cause est "brûlé". Des pompiers spécialisés dans les risques chimiques se rendent sur place et un périmètre de sécurité est établi. Les secours équipés de scaphandres colmatent la fuite à 16 h et vident la cuve. L'accès au bâtiment est interdit en raison de la présence possible de résidus de produit ; dans l'affirmative, la préfecture pourrait demander une décontamination du bâtiment.

N°41256 - 27/07/2011 - FRANCE - 22 - TREVE

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Une fuite de 5 l d'ammoniac (NH3) se produit à 15h30 lors de la maintenance d'un compresseur associé aux installations de réfrigération d'un abattoir. Les pompiers établissent un périmètre de sécurité et les 45 salariés évacuent l'établissement ; l'un d'eux incommodé est hospitalisé. L'intervention des secours s'achève à 17h30 après ventilation des locaux.

N°41239 - 04/07/2011 - FRANCE - 03 - SAINT-GERMAIN-DES-FOSSES

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

Dans un abattoir de volailles, 40 kg d'ammoniac liquide (NH3) fuient d'une installation de réfrigération. Le produit est récupéré dans une rétention. Un sous-traitant frigoriste remet en état puis recharge l'installation.

N°40503 - 24/06/2011 - FRANCE - 79 - NUEIL-LES-AUBIERS

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

Une fuite d'ammoniac se produit sur une canalisation servant à la réfrigération d'une chambre froide de 40 m² dans une usine agroalimentaire. Les 1ers employés arrivés à 5 h sentent une odeur anormale et décident de ne pas prendre leur poste comme l'imposent les consignes de sécurité du site. Les pompiers évacuent les 134 employés dans la matinée ; 10 d'entre eux sont incommodés par le gaz, parfois victimes de nausées, et un autre est hospitalisé à la suite d'un malaise.

Les secours purgent la canalisation, ventilent le bâtiment et isolent la chambre froide. L'activité de l'usine, production de saucisses, brochettes et poulets assaisonnés, reprend vers 13h15. D'après la presse, la chambre froide venait d'être redémarrée la semaine précédente.

N°41396 - 07/06/2011 - FRANCE - 62 - VIEIL-MOUTIER

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Dans une usine de produits laitiers, un feu se déclare vers 3h30 dans l'un des bâtiments de 2 500 m² de l'unité de

stockage d'emballages cartons et plastiques qui s'étend sur 10 000 m². Les secours internes tentent en vain d'éteindre l'incendie avec des extincteurs. 100 employés sont évacués ; les 10 présents dans l'unité concernée sont examinés, 3 d'entre eux incommodés par les fumées sont

hospitalisés par précaution. Une cinquantaine de pompiers intervient avec 6 lances dont 1 sur échelle ; l'incendie est maîtrisé en fin de journée, mais des foyers résiduels perdureront jusqu'au 16/06.
Un élu se rend sur place.
L'unité de 2 500 m² est détruite mais les murs coupe-feu ont empêché la propagation des flammes aux 3 autres unités du bâtiment. L'unité de production est épargnée mais la destruction des emballages bloque la chaîne de production. Aucune information n'est donnée quant aux dommages éventuels subis par les installations de réfrigération mettant en œuvre de l'ammoniac (NH3). Les 450 employés évitent le chômage technique en acceptant de réorganiser les plannings et de prendre des congés. Dès le lendemain, 600 palettes sont produites contre une moyenne habituelle de 800 et le vendredi midi (10/06), la production est quasi normale. L'usine restera exceptionnellement en activité le week-end pour rattraper le retard.
Une enquête est effectuée. D'après les pompiers, aucun appareil susceptible de provoquer un départ de feu ne se trouvait dans le bâtiment sinistré ; des employés émettent l'hypothèse d'un court-circuit.

N°40113 - 13/04/2011 - FRANCE - 72 - SAINT-GERMAIN-D'ARCE
G46.31 - Commerce de gros de fruits et légumes
Un feu se déclare à 10 h dans le stock de 20 000 caisses-palettes en plastique d'une coopérative fruitière. Les flammes se propagent au bâtiment de 25 000 m² abritant les pommes et les installations de réfrigération à l'ammoniac (NH3). Au cours de l'intervention, 2 pompiers se blessent légèrement aux chevilles, ils sont autorisés à continuer les manœuvres. Le feu est éteint avec 8 lances à eau. Les pompiers dégarnissent la toiture et la façade du bâtiment. Le bâtiment est détruit sur 10 000 m², 900 t de pommes ont brûlé mais les installations de réfrigération n'ont subi aucun dommage. Les machines de nettoyage et de conditionnement des fruits sont préservées. Le dispositif de surveillance est levé le lendemain. Un élu s'est rendu sur place. La gendarmerie effectue une enquête. Une cigarette mal éteinte pourrait être la cause du sinistre.

N°40050 - 28/03/2011 - FRANCE - 64 - LONS
C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie
S'échappant d'une bétaillère dans un abattoir, un veau franchit une barrière, pénètre dans un local technique et heurte violemment vers 7 h une canalisation d'ammoniac (NH3) alimentant les installations de réfrigération de l'établissement. La tuyauterie se rompt et une importante fuite de frigorigène incommode 1 personne qui est hospitalisée par précaution. La cinquantaine d'employés se regroupe sur le parking d'une société voisine et un périmètre de sécurité est mis en place.
Après avoir confiné le bâtiment, des pompiers d'une cellule risques technologiques interviennent en combinaisons étanches et ARI ; la fuite est stoppée à 8 h en fermant 2 vannes. Les locaux sont ventilés, des mesures régulières de la concentration d'NH3 sont effectuées, puis l'intervention des secours s'achève vers 11 h. Les dommages sont réparés dans l'après-midi, l'abattage de 200 bêtes initialement prévu étant reporté au lendemain.

N°39663 - 25/03/2011 - FRANCE - 62 - TILLOY-LES-MOFFLAINES
C10.52 - Fabrication de glaces et sorbets
Un début d'incendie se produit sur un marqueur laser, à 8h30, dans une usine de fabrication de crèmes glacées
employant 157 personnes. Le personnel de l'unité éteint le feu avant l'arrivée des secours et le reste des employés est évacué. Les pompiers, après reconnaissance sous ARI, confirment l'extinction et ventilent le bâtiment. Les secours examinent 27 personnes exposées aux fumées,

1 est hospitalisée. Le sinistre ne s'étant pas propagé, les installations de réfrigération mettant en œuvre ammoniac (NH3) et dérivés chlorofluorés n'ont pas été endommagées. La production n'est pas impactée et le redémarrage des installations est prévu dans la journée.

N°39881 - 25/02/2011 - FRANCE - 01 - SERVAS

C10.13 - Préparation de produits à base de viande

Dans une usine de plats cuisinés, un capillaire usé de maintien en pression d'un pressostat se fend vers 14h15 sur un surgélateur ; 90 kg d'ammoniac (NH3) s'échappent de l'installation de réfrigération qui met en oeuvre 528 kg de frigorigène. Un détecteur se déclenche (seuil 1 500 ppm) dans le local technique dont l'extracteur démarre.

Un agent de maintenance parvient à fermer une vanne de sectionnement et à stopper la fuite 40 min plus tard. Atteint au cuir chevelu par un jet d'NH3 lors de son intervention, l'agent équipé des EIPS nécessaires sera douché et examiné par les pompiers. Les secours établissent un périmètre de sécurité et évacuent durant 2h30 les 35 employés du site, puis le bâtiment est ventilé (180 --supérieur à 20 ppm d'NH3). Aucune mesure de chômage technique n'est prévue. Un élu et la gendarmerie se sont rendus sur les lieux. L'intervention des secours s'achève vers 17h30. Une entreprise spécialisée intervient 3 jours plus tard pour remplacer le matériel défectueux et redémarrer l'installation de réfrigération. Un appoint de frigorigène sera réalisé le 1er mars et les détecteurs en place seront contrôlés dans les jours qui suivent.

L'établissement était en cours de régularisation. L'aménagement de la salle des machines avec son confinement, ainsi que l'installation de dispositifs de détection de fuites éventuelles et d'une ventilation avaient fait l'objet d'une consignation de somme courant 2009 à la demande de l'inspection des IC.

N°39817 - 16/02/2011 - FRANCE - 67 - WISCHES

C10.20 - Transformation et conservation de poisson, de crustacés et de mollusques

Une fuite d'ammoniac (NH3) se produit à 13h54 sur les installations de réfrigération d'une usine de transformation de poisson. A la suite d'un bilan sanitaire effectué par le SAMU, les pompiers évacuent 7 des 8 employés incommodés sur 2 hôpitaux. Après des mesures de NH3 et de monoxyde de carbone (CO), l'intervention des secours s'achève vers 15 h et l'établissement peur reprendre ses activités. En 2009, des employés de cette entreprise avait déjà connu une série de malaises et d'intoxications pour des raisons indéterminées (ARIA 37510).

N°39637 - 19/01/2011 - FRANCE - 56 - PLOUAY

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

Un incendie se déclare vers 14h15 sur une pompe à vide dans un local technique d'une usine de transformation de volailles employant 300 salariés. Environ 200 employés sont évacués, il n'y a pas de victime. Les 35 pompiers éteignent le feu ; la toiture est endommagée sur 50 m. Aucune mesure de chômage technique n'est envisagée. Les installations de réfrigération de l'établissement mettant en œuvre de l'ammoniac (NH3) comme frigorigène ne semblent pas avoir été impactées.

N°39546 - 06/01/2011 - FRANCE - 29 - PLOUENAN

C10.39 - Autre transformation et conservation de fruits et légumes

A l'arrivée des employés d'une usine de surgélation de légumes à 7h45, un incendie est découvert dans un local de stockage de 300 m² abritant des emballages en carton. Les flammes fragilisent la structure métallique et entraînent l'effondrement du toit. Une cellule risque chimique se rend sur place en raison de la présence d'installations de réfrigération à l'ammoniac (NH3). Les pompiers éteignent le feu avec 1 lance à eau, puis déblaient le site et

bâchent le bâtiment. Malgré d'importants dommages matériels, l'exploitant pense redémarrer les activités de son établissement sous 8 jours.
L'origine du sinistre est indéterminée ; un tableau électrique retrouvé totalement fondu laisse penser à un incendie accidentel. Un élu s'est rendu sur les lieux.

N°39391 - 14/11/2010 - FRANCE - 51 - MATOUGUES

C10.31 - Transformation et conservation de pommes de terre

Dans la salle des machines d'une usine agroalimentaire, de l'ammoniac (NH3) est émis à l'atmosphère durant quelques secondes lors de la maintenance planifiée du compresseur d'une installation de réfrigération.

La faible quantité de gaz émise suffit cependant à déclencher le 2ème seuil d'une alarme dont la cellule de mesure présente une dérive du point « 0 » (120 ppm au lieu de 0) et dont l'un des capteurs est à 1 m au-dessus de la zone d'intervention ; 1 300 ppm (0,13 %) ont été détectés à 9h16, pour une concentration inférieure à 600 ppm dans le reste du local, les autres détecteurs ne s'étant pas déclenchés.

Les cartouches coalescentes devaient être remplacées à la suite d'une surconsommation d'huile. L'intervention correspondante qui débute à 8h15, mobilise 2 employés du site et 1 frigoriste sous-traitant. L'installation est consignée, puis le compresseur est soutiré à vide à 8h30 sans toutefois enlever toute l'huile de lubrification présente avant ouverture du circuit en enlevant les premiers boulons à partir de 9 h. Constatant peu après que le clapet anti-retour côté aspiration est défaillant, les techniciens écartent les brides pour l'extraire quand la brève émission d'NH3 se produit à 9h15 déclenchant l'alarme à la suite du « dégazage » de l'huile de lubrification. Les 3 intervenants quittent les lieux.

L'alarme est acquittée et les disjoncteurs sont réarmés à 9h17. Les techniciens reprennent leur intervention à 9h20. Aucun dommage corporel ou matériel n'est à déplorer. Le fournisseur du détecteur étalonne la chaîne de mesure pour supprimer la dérive observée.

N°38525 - 26/06/2010 - FRANCE - 64 - NC

ZZZ.ZZ - Origine inconnue

A 12h53, un navire récupère un fût d'ammoniac de 200 l en train de fuir à l'air libre à 3,6 km des côtes. Une équipe de plongeurs des pompiers et des spécialistes en risques chimiques se rendent sur zone avec du matériel de détection et d'obturation. Le fût est vidé puis transporté dans une déchetterie.

N°38417 - 11/06/2010 - FRANCE - 33 - VAYRES

C10.52 - Fabrication de glaces et sorbets

Dans un établissement fabriquant des sorbets et des crèmes glacées, une fuite d'ammoniac liquide (NH3) a lieu à 11h30 sur une installation de réfrigération de type "freezer". Le personnel de maintenance stoppe les machines. Une trentaine de pompiers, dont une cellule mobile d'intervention chimique, est mobilisée. Les secours prennent en charge 7 employés incommodés par l'NH3 émis ; 2 d'entre eux resteront hospitalisés quelques heures. Les 90 employés de l'établissement sont évacués par précaution.

Un binôme effectue une reconnaissance et détecte vers 13 h une seconde fuite sur un 2ème freezer. Les fuites sont colmatées et le bâtiment est ventilé. L'intervention des secours s'achève vers 16 h. Selon les autorités, le vent soufflant sur la région (4,5 m/s) a favorisé la dispersion du rejet et aucun risque n'a menacé la population environnante.

L'exploitant adresse un rapport circonstancié à l'inspection des IC. Le personnel est en chômage technique jusqu'à la reprise des activités de l'établissement vers 21 h sous réserve de l'obtention des autorisations nécessaires.

N°38352 - 03/06/2010 - FRANCE - 17 - CHADENAC

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Un feu se déclare vers 22h30 sur un transformateur de 15 KV implanté dans la chaufferie d'une laiterie de 6 000 m². Une épaisse fumée noire envahit l'établissement. L'intervention mobilise une vingtaine de pompiers. La gendarmerie met en place un périmètre de sécurité. Les

secours protègent une cuve de fioul, effectuent des reconnaissances sous ARI et créent des trémies de désenfumage sur la toiture pour limiter la propagation de l'incendie aux ateliers mitoyens. Le transformateur est coupé et mis à la terre, puis l'incendie est éteint à l'aide de mousse. L'intervention s'achève vers minuit. Les installations de réfrigération du site mettant en œuvre de l'ammoniac (NH3) ne semblent pas avoir été atteintes, mais les activités de l'entreprise sont suspendues pour plusieurs semaines et 39 employés sont en chômage technique. Les services de l'électricité et un élu se sont rendus sur les lieux.

N°37612 - 16/12/2009 - FRANCE - 94 - VINCENNES

G47.2 - Commerce de détail alimentaire en magasin spécialisé

Une odeur suspecte est détectée vers 12h30 au sous-sol d'un immeuble d'habitation. Les pompiers sont alertés.

D'importants moyens humains et matériels sont engagés : plus de 50 pompiers, 14 engins provenant de 9 centres de secours... Un périmètre de sécurité est mis en place et 3 immeubles, soit 46 personnes, sont évacués. L'incident résulte d'une fuite de 5 l d'ammoniac (NH3) sur un "réfrigérateur domestique" dans la réserve d'un magasin ; les mesures effectuées révèlent la présence de 23 ppm d'NH3. Le risque d'explosion écarté, les secours ventilent les locaux pour que les riverains puissent regagner leurs bâtiments à partir de 15h30. L'intervention des secours s'achève vers 18 h. Aucune victime n'est à déplorer.

N°39396 - 29/10/2009 - FRANCE - 974 - SAINT-PIERRE

C10.85 - Fabrication de plats préparés

Dans une ZI, des émanations d'ammoniac (NH3) incommodent 9 personnes circulant vers 14 h dans la halle d'un marché de gros en fruits et légumes. A 14h55, les secours externes arrivés sur place éloignent des lieux les victimes ; irritations oculaires et démangeaisons dont elles se plaignaient cessent rapidement.

L'inspection des IC, alertée par les services sanitaires le lendemain à 9h05, effectue une enquête 2 h plus tard dans une salaison en limite de propriété du marché et exploitant une installation de réfrigération mettant en œuvre 900 kg d'NH3.

L'accident résulte effectivement du dégazage d'une quantité indéterminée d'NH3 lors d'une purge mal contrôlée d'incondensables dans la salle des machines. Constatant une pression anormalement élevée dans le circuit haute pression (HP) de l'unité le jour de l'accident, l'exploitant en décide l'arrêt et la purge manuelle des incondensables.

L'opération démarre à 14 h avec 2 techniciens ; l'un doté d'un masque à cartouche qui se positionne hors de la salle des machines au point de purge pourvu d'une vanne manuelle, le 2ème surveillant de cette salle l'évolution de la température au niveau du compresseur négatif. Le dégazage intempestif a lieu à la fin de cette purge d'une trentaine de minutes. Le nuage de gaz formé dérive ensuite en direction de la halle aux légumes limitrophe de la salle des machines, sans mesure particulière prise par l'exploitant, avant de se disperser rapidement dès que la purge est achevée.

L'enquête révèle que l'exploitant n'a pas suivi la procédure de « suivi régulier des incondensables et de leur purge » recommandée par l'installateur, les purges n'étant réalisées que lorsque l'installation de réfrigération fonctionne en mode dégradé. Ainsi 48 h avant l'accident, la pompe de NH3 sous le réservoir basse pression (BP) en disjonctant avait entraîné l'arrêt des compresseurs de la chambre froide négative et du surgélateur, ainsi que d'importants travaux de maintenance : purge manuelle d'huile, dépose et nettoyage d'un capteur, forçage de la vanne liquide pour rétablir les niveaux HP et BP.

Un mauvais réglage par le prestataire de la pression "seuil bas" du circuit BP à 300 g sous la pression atmosphérique sera aussi constaté ultérieurement. Ces travaux et le réglage inadapté ont favorisé la formation des incondensables.

L'inspection des IC demande à l'exploitant un compte rendu des faits, une analyse des causes de l'accident et des mesures préventives. Le document, transmis fin novembre, prévoit le respect de la procédure de purge préconisée par l'installateur, le suivi régulier des incondensables et le remplacement du purgeur actuel fin décembre. Un contrôle complet de l'installation et de ces conditions de fonctionnement est programmé en présence du référent "risque industriel" de l'Inspection des IC locale.

N°37071 - 26/09/2009 - FRANCE - 62 - SAINT-POL-SUR-TERNOISE

C10.13 - Préparation de produits à base de viande

Dans une zone industrielle, une fuite d'ammoniac (NH3) a lieu vers 4h15 sur l'un des 10 compresseurs des installations de réfrigération d'une usine agroalimentaire préparant des produits à base de viande. Le système de détection NH3 dont le seuil de déclenchement est fixé à 800 ppm arrête et met en sécurité l'installation frigorifique, les extracteurs ATEX ayant démarré automatiquement au 1er seuil d'alarme fixé à 600 ppm.

Le POI est déclenché à 5h11 et les 230 salariés de l'établissement présents lors des faits se confinent dans la salle de pause. Alertés à 5h26, les services de secours (pompiers) mobilisent d'importants moyens d'intervention humains et matériels.

La fuite d'NH3 exclusivement gazeux a lieu par un voyant de visualisation de retour d'huile qui s'est dévissé sans doute à la suite de vibrations. Situé entre l'ultra séparateur d'huile du groupe de compression et le compresseur, ce voyant a vraisemblablement été mal resserré lors d'une précédente opération d'entretien.

Un pompier intervenant dans le cadre d'un plan "ETARE" et 2 techniciens frigoristes de l'usine, équipés d'ARI et de masques à cartouches (type K2 utilisable jusqu'à une concentration de 5 000 ppm) arrêtent la fuite à 5h58 en fermant manuellement les vannes d'aspiration et de refoulement du compresseur. Après vérification des niveaux dans l'installation, 50 kg d'NH3 auraient été évacués par les extracteurs ATEX situés en toiture à une hauteur comprise entre 8 et 9 m.

Les voyants de tous les autres compresseurs sont vérifiés, puis l'installation est remise en service le matin même à 10 h. Le personnel n'est autorisé à réintégrer les zones de travail que lorsque la concentration d'NH3 dans le couloir d'accès à la salle des machines est inférieure à 10 ppm. Ce couloir d'accès est séparé de la salle des machines par un sas mais lors des opérations de réparation, un peu d'NH3 s'y est dispersé ; aucune dispersion d'NH3 dans les ateliers de l'usine n'a par contre été constatée.

Il n'y a eu ni blessés, ni impact sur l'environnement. La production de l'usine a été suspendue 5 h, aucune mesure de chômage technique n'a été prise.

N°36191 - 04/06/2009 - FRANCE - 33 - LUGOS

H49.41 - Transports routiers de fret

Attelée à un tracteur, une citerne transportant 2 t d'ammoniac agricole (NH3) se renverse vers 7 h au bord dune route départementale longeant un champs de maïs. De l'NH3 liquide fuit du réservoir après rupture d'une vanne sur un piquage, la citerne se vide et un nuage de 800 m³ de gaz toxique et corrosif se forme. En l'absence de vent, le nuage stagne 30 min avant de se dissiper ; la végétation sera brûlée sur 8 ha (300 m). La gendarmerie et les pompiers établissent un périmètre de sécurité d'un rayon de 500 m. Travaillant pour le compte de la coopérative et chargé de l'épandage, un automobiliste qui suivait le tracteur est intoxiqué et hospitalisé. Le gérant d'un camping proche et sa cliente unique sont évacués. Le fournisseur d'ammoniac évacue la citerne. Après mesure des concentrations en ammoniac vers 10 h, la zone ne présentant plus aucun risque, le périmètre de sécurité est levé et les riverains peuvent regagner leur domicile. Le SAMU prendra en charge une trentaine de personnes, souffrant essentiellement de gêne respiratoire (toux, irritations), restée confinée quelques heures dans 2

lotissements situés à 500 m du lieu de l'accident. Un élu et un représentant de la préfecture se sont rendus sur les lieux. La préfecture diffuse un communiqué de presse.
La remorque transportant la citerne s'est détachée du tracteur (secousse en pénétrant dans le champ ?). Un mauvais entretien de cette remorque est suspecté ; cette dernière est ramenée à son propriétaire, la coopérative concernée.

N°36240 - 02/06/2009 - FRANCE - 40 - SAINT-SEVER
C10.39 - Autre transformation et conservation de fruits et légumes
Dans un établissement de transformation / conservation de légumes, une fuite de 50 kg d'ammoniac (NH3) de réfrigération a lieu vers 16 h lors de la maintenance d'une installation de surgélation.
L'exploitant a constaté la semaine précédente un dysfonctionnement lors de la phase de dégivrage d'un tunnel de surgélation avec des températures enregistrées supérieures de 2 °C aux valeurs de consigne, entraînant une perte d'énergie jugée anormale. Des vannes verticales (GPX) en aval de chacune des 6 batteries du tunnel sont suspectes.
Leur remplacement est décidé après constat de leur ouverture et avis du concepteur de l'unité.
Un sous-traitant effectue l'intervention le 2/06. Selon l'exploitant, la procédure d'isolement du tunnel est appliquée : fermeture de 2 vannes de sectionnement (NH3 liquide / « Gaz chaud »), purge de l'NH3 emprisonné entre elles via la bouteille basse pression (BP). Les vannes GPX sont ensuite remplacées ; au remontage de l'une d'elle, un boulon tombe dans la canalisation.
L'opérateur demande l'autorisation de démonter la vanne d'isolement « gaz chaud » pour récupérer le boulon tombé à proximité. L'NH3 gazeux fuit au démontage de la vanne qui est expulsée ; détections et alarmes se déclenchent.
Incommodés, les 4 techniciens expérimentés chargés des travaux sont lavés par les agents de sécurité et hospitalisés par précaution. L'implantation des installations sous le bâtiment et une issue unique ont compliqué leur évacuation. Sur place en 10 min, les secours rassemblent la trentaine d'employés au point prévu et 25 personnes se confinent sur un site voisin. Deux techniciens sous ARI remontent la vanne d'isolement, puis les locaux sont ventilés. L'intervention s'achève vers 22 h.
Le rejet d'NH3 est dû à une légère surpression dans la bouteille BP (0,3 bar) après arrêt des chambres froides depuis 4 à 5 h et hausse des température / pression de l'installation. En temps normal, la dépression aurait permis de contenir l'NH3 dans la bouteille dans un 1er temps ; la bouteille aurait pu atteindre à contrario 2 bar de pression selon l'exploitant si les chambres froides avaient été arrêtées plus longtemps (4 jours pour la tempête Klauss), avec la formation éventuelle d'un nuage toxique et des conséquences plus lourdes sur les employés et l'environnement.
La municipalité est informée, l'inspection des IC effectue une enquête et la préfecture publie un communiqué de presse.
Des mesures correctives sont prises : agencement d'installation revu, sorties de secours, équipements minimaux obligatoires (lunettes et gants) pour les intervenants sur conduites d'NH3, procédures d'isolement selon l'avis de 2 techniciens au lieu d'un, vanne d'isolement retour gaz en plus sur le tunnel 2 pour l'isoler plus facilement (déjà le cas pour le tunnel 1), revalidation de l'installation par un organisme tiers, révision des procédures, utilisation de certaines vannes
de service (manomètres) pour vérifier l'absence de gaz à côté des travaux à effectuer...

N°36207 - 23/05/2009 - FRANCE - 16 - BARBEZIEUX-SAINT-HILAIRE
C10.85 - Fabrication de plats préparés
Une fuite d'ammoniac (NH3) de réfrigération a lieu vers 21 h dans une usine de plats surgelés de 400 m². L'installation met en oeuvre 900 kg d'NH3 en 2 réservoirs. Un détecteur NH3

déclenche une alarme. Dans le cadre du POI, les secours alertés installent un périmètre de sécurité. Une lance à eau abat l'NH3 gazeux. Peu après minuit et non sans difficulté, l'équipement étant à 5 m du sol, des pompiers en scaphandres localisent la fuite sur les brides d'une vanne à boule en pied de l'un des réservoirs de 900 l.
L'NH3 est rejeté à 11 m de hauteur via l'extracteur, mais se déverse aussi sur le sol sous la forme d'un liquide blanchâtre eau / NH3 qui rejoint le milieu naturel via le réseau des eaux pluviales : zone de rétention de la centrale non étanche, déclenchement tardif de l'obturateur du réseau EP sur le séparateur d'hydrocarbures... Ces difficultés supplémentaires identifiées, l'obturateur est fermé et un barrage de terre est élevé pour empêcher le déversement de l'effluent pollué dans un ru voisin ; son pH est enfin neutralisé avec de l'acide phosphorique à 95 % (H3PO4).
Une réduction avec une gangue de glace de la fuite non isolable est tentée sans réussite. Les secours décident à 2 h d'appeler un tiers pour vidanger l'unité et stocker l'NH3. Ne parvenant ni à joindre ce spécialiste, ni à trouver un réservoir mobile adapté (n° de portable des dirigeants des entreprises locales non connus...), les secours envisagent une dissolution de l'NH3 ; un camion-citerne d'eau devait arriver 1 h plus tard, 2 h étant ensuite nécessaire pour transférer l'NH3 (exo thermicité).
La municipalité annule une brocante proche de l'usine prévue à partir de 6 h. A 6h30, l'NH3 est enfin dépoté, la solution obtenue devant être transférée dans un centre de traitement autorisé. Les réseaux et le séparateur d'hydrocarbures sont également pompés. Dans la matinée, les pompiers mettent en sécurité le réservoir en neutralisant la phase gazeuse résiduelle avec 250 l d'H3PO4, relèvent 300 ppm d'NH3 à 16 h dans le bâtiment qui est ventilé.
L'exploitant envisage plusieurs améliorations : étanchéification du bac de rétention de la centrale froid, réservoir à
demeure pour le transfert éventuel d'NH3, plan de coupe de niveau avec photos de l'installation pour situer visuellement et métriquement les vannes / autres organes de sécurité, fiche de sécurité NH3 disponible dans la centrale, réduction du délai découverte du problème / appel des pompiers, liste et téléphone des personnes à appeler (autres que standards des entreprises), modifications du POI insuffisamment opérationnel et sans réponse technique, en intégrant le scénario dimensionnant manquant, meilleure connaissance des produits chimiques stockés sur site et de leur localisation pour une utilisation éventuelle, réorganisation astreintes techniques / encadrement de crise, clés du bureau logistique / local STEP en double : tel., fax plus accessibles aux secours, techniciens usine

N°36105 - 17/04/2009 - FRANCE - 60 - LE MEUX
G46.38 - Commerce de gros d'autres produits alimentaires, y compris poissons, crustacés et mollusques
Dans une usine agroalimentaire, de l'ammoniac liquide (NH3) se déverse durant la nuit dans une rivière via le réseau des eaux pluviales. Le lendemain à 6 h, les employés d'un établissement de logistique voisin détectent une odeur d'NH3 dans leurs locaux et alertent les secours. Une personne victime d'un malaise est hospitalisée par précaution et les 86 employés sont renvoyés chez eux. La production est également arrêtée pour la journée dans l'entreprise qui a donné l'alerte.
Une société spécialisée avait effectué la veille des travaux sur l'installation de réfrigération de l'usine. Pour réaliser ces travaux concernant notamment un échangeur thermique contenant de l'NH3 gazeux, tout l'ammoniac liquide a été transféré dans des conteneurs spécifiques. Les circuits ont ensuite été dégazés pour éliminer l'NH3 gazeux résiduel ; le gaz a été injecté dans un fût de 200 l rempli d'eau. Selon l'exploitant, les circuits contenaient encore de l'NH3 liquide lors de cette étape et les opérateurs avaient oublié de fermer une vanne. L'NH3 liquide a été entraîné dans le fût de 200 l qui a débordé à la suite du contact avec l'eau. Le fût étant placé

juste au-dessus d'une grille accédant au réseau d'eau pluviale, l'eau ammoniaquée a contaminé le réseau des eaux pluviales.
Les services de l'environnement et de l'inspection des IC observent le lendemain une forte mortalité de batraciens à quelques centaines de mètres de la source de contamination du réseau, mais aucun cadavre de poisson. Plusieurs mesures de pH sont effectuées le jour de l'accident en différents points du réseau des eaux pluviales ; un pH max de 11,5 est relevé.
Une société spécialisée pompe et rince les égouts vers 12 h. Le pH de l'eau revient à 7 le 20/04 au matin.

N°36025 - 01/04/2009 - FRANCE - 06 - NICE
C10.1 - Transformation et conservation de la viande et préparation de produits à base de viande
Dans un abattoir situé dans un entrepôt de 20 000 m², une fuite d'ammoniac de réfrigération résiduel se produit vers 11h30 sur une conduite en cuivre (???) de 14 mm associée à un réfrigérateur industriel ; 6 ouvriers incommodés refusent dêtre transportés à lhôpital. Les pompiers effectuent des mesures et colmatent la fuite avec une pinoche. Ils diluent le gaz avec une lance et ventilent les locaux. Le chantier est fermé à tout travaux et une entreprise spécialisée dépollue le bâtiment. La fuite se serait produite lors de travaux de réfection au rez-de-chaussée du bâtiment.

N°35972 - 27/02/2009 - FRANCE - 974 - SAINT-PIERRE
C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage
Un feu se déclare vers 3h30 dans un bâtiment de 1 500 m² abritant une usine de produits laitiers et l'entrepôt d'un
grossiste en produits alimentaires. Une épaisse fumée noire se dégage et plusieurs explosions sont entendues. Plus de 70 pompiers protègent les entreprises voisines et le sud de la zone industrielle est évacuée. Les pompiers maîtrisent l'incendie après 8 h d'intervention avec 8 lances dont 2 sur échelle ; 2 binômes sous ARI éteignent les foyers difficiles à atteindre. Des rondes sont effectuées toute la nuit. Une entreprise spécialisée récupère les eaux d'extinctions confinées.
Les 2 entreprises, dont la toiture est couverte de panneaux photovoltaïques, sont détruites ; les dégâts se chiffrent en millions d'euros. Les 26 employés du grossiste en produits alimentaires sont en chômage technique. Aucune information n'est donnée quant aux dommages subis par les installations de réfrigération des 2 établissements mettant en œuvre de l'ammoniac (NH3). D'après la presse, le feu se serait déclaré au niveau de cartons d'emballage dans les locaux de la laiterie. Une enquête est effectuée pour déterminer l'origine et les causes du sinistre.

N°35892 - 23/02/2009 - FRANCE - 35 - TORCE
C10.85 - Fabrication de plats préparés
Lors de la purge d'un circuit de réfrigération dans une usine agroalimentaire, une fuite d'ammoniac (NH3) a lieu vers 5 h sur un réservoir de 900 kg. Les 2 employés qui réalisaient l'opération et n'ont pu refermer les vannes, sont hospitalisés pour des examens et les 15 salariés présents sont évacués. Les pompiers (dont une CMIC) colmatent la fuite mais de l'NH3 est encore émis par bouffées sur une durite. Les secours mesurent 130 ppm d'NH3 dans le local attenant et 70 ppm dans les bureaux. Deux techniciens frigoristes réparent la fuite sous ARI vers 11 h. Les secours ventilent le bâtiment et mesurent 15 ppm d'NH3 dans les locaux de production, 5 ppm au rez-de-chaussée et 8 ppm au 1er étage. L'intervention des secours s'achève vers 18h31. L'inspection des IC effectuent une enquête. La production reprendra le lendemain et 45 employés sont en chômage technique pour la journée.

N°37167 - 15/02/2009 - FRANCE - 38 - SAINT-JUST-CHALEYSSIN

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Des émanations d'ammoniac (NH3) de réfrigération sont perçues à 21 h dans une laiterie. La fuite est localisée dans le bac à eau glacée de l'établissement. La présence d'NH3 / NH4OH entraine également de fortes odeurs au niveau des lignes de production "tradi", des dispositifs de thermostatage de certains équipements (doseuse) et du réseau de collecte des eaux résiduaires. Des masques seront mis à disposition des opérateurs des lignes tradi entre 8 et 13 h, temps nécessaire au rinçage complet des égouts et à la ventilation des lieux.

Selon l'exploitant, les concentrations d'NH3 relevées dans l'air n'ont pas nécessité le déclenchement d'une alerte, ni l'évacuation des employés. Des prestataires extérieurs assurant la maintenance des installations ont effectué les vérifications nécessaires pour identifier les causes de l'incident et traiter la fuite d'NH3 ; la canalisation concernée a été isolée et condamnée. Un accident de nature comparable s'était déjà produit le 5/02/9 (ARIA 37166). La mise en place d'un ensemble de mesures préventives est étudiée, puis des équipements sont modifiés (circuits hydrauliques et NH3, armoires électriques) ; l'installation est opérationnelle le 15 mars.

N°37166 - 05/02/2009 - FRANCE - 38 - SAINT-JUST-CHALEYSSIN

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Une fuite d'ammoniac (NH3) se produit à 22 h sur les installations de réfrigération d'une laiterie. Les 3 détecteurs

implantés dans la zone concernées se déclenchent l'un après l'autre à leur seuil maximum, entrainant l'arrêt automatique et la mise en sécurité des groupes froids de l'établissement. Les salariés en poste évacuent les lieux pour gagner une zone protégée. Les responsables de l'établissement et de la société de maintenance sont sur place vers 22h30. Des intervenants en tenues adaptées reconnaissent les lieux pour identifier l'origine de la fuite. Celle-ci située sur une "purge" aérienne est isolée, puis les installations de réfrigération sont remises en service à 0h15. L'alerte est levée 5 min plus tard et les salariés reprennent leurs activités.

Les dommages matériels sont limités, l'es activités de l'usine étant suspendue durant 6 h ; 1 t d'NH3 a été émis à

l'atmosphère sur les 10 t contenues dans les installations. Aucune concentration toxique d'NH3 n'aurait été détectée hors de l'établissement.

Une nouvelle fuite de nature comparable se produira le 15 février (ARIA 37167). Le CHSCT est réuni dans les jours qui suivent et un programme opérationnel d'intervention est mis en oeuvre. Des équipements sont modifiés (circuits hydrauliques et NH3, armoires électriques) ; l'installation est opérationnelle le 15 mars.

N°35359 - 18/10/2008 - FRANCE - 21 - DIJON

R93.11 - Gestion d'installations sportives

Une fuite d'ammoniac de réfrigération en phase liquide (NH3) est détectée vers 8h30 sur un compresseur dans le local technique d'une patinoire. Le gaz intoxique légèrement une enfant de 12 ans et un employé. Les pompiers évacuent les visiteurs et le personnel et réalisent des mesures ; les résultats sont négatifs, mais une odeur subsiste. Un technicien stoppe la fuite vers 10h15, puis les locaux sont ventilés. L'intervention s'achève vers 10h30.

N°35892 - 23/02/2009 - FRANCE - 35 - TORCE

C10.85 - Fabrication de plats préparés

Lors de la purge d'un circuit de réfrigération dans une usine agroalimentaire, une fuite d'ammoniac (NH3) a lieu vers 5 h sur un réservoir de 900 kg. Les 2 employés qui réalisaient

l'opération et n'ont pu refermer les vannes, sont hospitalisés pour des examens et les 15 salariés présents sont évacués. Les pompiers (dont une CMIC) colmatent la fuite mais de l'ammoniac se dégage encore par saccades sur une durite. Les secours mesurent 130 ppm d'NH3 dans le local attenant et 70 ppm dans les bureaux. Deux techniciens frigoristes réparent la fuite sous ARI vers 11 h. Les secours ventilent le bâtiment et mesurent 15 ppm d'NH3 dans les locaux de production, 5 ppm au rez-de-chaussée et 8 ppm au 1er étage.
L'intervention des secours s'achève vers 18h31. L'inspection des IC effectuent une enquête. La production reprendra le lendemain et 45 employés sont en chômage technique pour la journée.

N°35884 - 16/10/2008 - FRANCE - 29 - PLOUDANIEL
G46.33 - Commerce de gros de produits laitiers, œufs, huiles et matières grasses comestibles
Une fuite évaluée à 3 900 kg d'ammoniac (NH3) se produit dans un bac à eau glacée de 200 m3 utilisé pour la réfrigération de l'atelier laiterie d'une importante coopérative laitière. L'installation soumise à autorisation met en œuvre 12,3 t d'NH3. La quantité d'NH3 gazeux émise à l'atmosphère n'est pas évaluée. La fuite résulte de la corrosion et du percement de l'une des herses assurant le refroidissement de l'eau du bac. Détectée le 16/10/08 lors d'un contrôle de la teneur en NH3 dans le bac à eau glacée, elle a ensuite été aggravée par une intervention humaine le 24/10 visant à accélérer la vidange des herses. Le mélange eau/NH3 (concentration de 17 g/l d'NH3) en circulation dans tout l'atelier laiterie entraine des émanations odorantes dans les locaux de travail, mais aucun rejet dans le milieu aquatique naturel n'est signalé.
Selon l'exploitant et 2 sociétés extérieures spécialisées dans les phénomènes de corrosion et les installations de réfrigération à l'NH3, l'événement a pour causes principales :
- Une défaillance matérielle : herses constituées d'acier à faible taux de carbone,
- Des défaillances organisationnelles : défaut de surveillance de l'état de corrosion des herses, procédure inadaptée d'injection de l'inhibiteur de corrosion (manuelle durant les premières années d'utilisation du bac à eau glacée mis en service en 1998, niveau d'eau variable et/ou moussage superficiel accélérant la corrosion des herses superficielles implantées près du point d'injection manuelle
- Une défaillance humaine : aggravation de la fuite liée à la mise en œuvre d'opérations pour accélérer la vidange des herses.
Des mesures de surveillance compensatoires sont mises en place pour suivre les concentrations en NH3 dans l'air des locaux de production et dans l'eau du bac. Le contenu du bac est neutralisé à l'acide sulfurique du 07/11 au 15/11/08, puis orienté sur un ouvrage de stockage interne au site pour être traité à raison de quelques m3/jour dans la station d'épuration interne à l'établissement. Le coût des dommages matériels et pertes d'exploitation n'est pas connu : études, remplacement du matériel défectueux, arrêt technique d'exploitation.
L'inspection des IC prévenue tardivement constate les faits. Un arrêté de mesures d'urgence fixe des prescriptions relatives à la manipulation des eaux ammoniaquées résiduelles et aux modalités de contrôle de son traitement dans la station d'épuration du site, à la vérification des installations (contrôle de la corrosion des herses et de l'ensemble des installations de réfrigération).
Les herses sont expertisées et progressivement remplacées par des plaques en inox au courant de l'année 2009.

N°35359 - 18/10/2008 - FRANCE - 21 - DIJON
R93.11 - Gestion d'installations sportives
Une fuite d'ammoniac de réfrigération en phase liquide (NH3) est détectée vers 8h30 sur un compresseur dans le local technique d'une patinoire. Le gaz intoxique légèrement une enfant de 12 ans et un employé. Les pompiers évacuent les visiteurs et le personnel et réalisent des

mesures ; les résultats sont négatifs, mais une odeur subsiste. Un technicien stoppe la fuite vers 10h15, puis les locaux sont ventilés. L'intervention s'achève vers 10h30.

N°35600 - 15/09/2008 - FRANCE - 53 - LAVAL

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

Détectant vers 2h45 une fuite d'ammoniac (NH3), un agent de gardiennage arrête l'installation de réfrigération d'une entreprise agroalimentaire de volailles, puis alerte le personnel d'astreinte et les secours. Les riverains notant une odeur inhabituelle préviennent également les secours. L'installation sera remise en service vers 3h30, mais les salariés sont maintenus hors bâtiment entre 4 et 6 h du matin.

Après un retour progressif dans les ateliers, plusieurs employés sont incommodés ; l'un d'eux sera hospitalisé par précaution. Les pompiers demandent l'évacuation générale du site. Lors d'une nouvelle reconnaissance, les secours mesurent une concentration de 30 ppm d'NH3 dans les eaux pluviales qui sont alors confinées. Une société spécialisée curera les collecteurs concernés dans la matinée, pompant 3 m³ d'effluents résiduels.

La soupape de sécurité du collecteur de refoulement principal s'est ouverte à la suite du dysfonctionnement du pressostat associé au compresseur haute-pression qui s'est arrêté peu après. L'NH3 libéré à l'atmosphère est en partie retombé sur la toiture du bâtiment lessivée par la pluie. La contamination du réseau des eaux pluviales a ensuite conduit à de fortes émanations odorantes dans certains ateliers.

L'émission d'NH3 s'étant produite hors de la salle des machines, la fuite n'a pas été détectée par les capteurs implantés dans le local et l'alarme n'a pas été communiqué sur le téléphone d'astreinte ; 150 à 200 kg d'NH3 ont été perdus sur les 7 500 kg mis en œuvre dans l'installation.

N°35305 - 14/08/2008 - FRANCE - 59 - RENESCURE

C10.39 - Autre transformation et conservation de fruits et légumes

Une fuite d'ammoniac de réfrigération gazeux (NH3) se produit après rupture de la soudure d'un fond bombé en point haut d'un collecteur de la 1ère batterie d'évaporateurs du tunnel SS1 d'une usine de transformation et de conservation de fruits et légumes.

L'accident a lieu lors du cycle de dégivrage de la batterie. Le conducteur du tunnel alerté par l'odeur d'NH3 prévient le frigoriste en poste qui maîtrise la fuite en isolant de suite la batterie concernée et sa mise à l'air. A la pression initiale de 8 bars, les 2 kg d'NH3 émis restent confiné dans un 1er temps dans le tunnel lui même.

Les ateliers de production proches de la zone sont évacués par sécurité le temps de ventiler les locaux. Aucun employé n'est incommodé. Les pompiers ne se déplacent pas sur les lieux, mais approuvent le mode d'intervention de l'exploitant et les précautions prises pour ventiler le tunnel. L'inspection des installations classées est également informée de l'incident. La production sur l'installation accidentée reprend dans la nuit avec une seule batterie de réfrigération.

Le personnel technique et une entreprise extérieure mandatée à cet effet expertisent l'installation accidentée. La fuite pourrait provenir de la qualité de la soudure, mais celle-ci a été réalisée à la mise en service de l'installation c'est à dire en 1977, et / ou d'un possible coup de bélier dû à l'injection des gaz chauds pour dégivrer la batterie, le collecteur contenant encore une petite quantité de liquide ; la soudure étant le point le plus sensible aux surpressions, le coup de bélier aurait alors provoqué sa rupture.

A la suite de cet accident, l'exploitant prévoit de remplacer tous les fonds bombés des collecteurs en sortie des évaporateurs de l'installation tunnel SS1 (5 batteries d'évaporateurs) aux caractéristiques et soudures identiques. Les dossiers de conformité des soudures seront soumis à l'avis d'un bureau technique spécialisé. Les modes de conduite des installations seront analysés pour éviter la présence de liquide résiduel dans les collecteurs.

N°35005 - 04/08/2008 - FRANCE - 67 - SAVERNE

G46.34 - Commerce de gros de boissons

Une fuite de 10 à 20 kg d'ammoniac de réfrigération (600 kg d'NH3 mis en œuvre) en phase gazeuse se produit à 8h15 dans la salle des compresseurs frigorifiques d'une brasserie. L'exploitant dispose d'un personnel formé et du matériel d'intervention ad hoc, mais alerte les secours par mesure de précaution.

Un périmètre de sécurité est mis en place et 2 entreprises voisines sont évacuées (100 personnes). L'émission d'NH3 est stoppée en fermant les vannes d'isolement du groupe moins d'1 h après le début de la fuite. Les personnes évacuées regagnent leurs entreprises à 9h30.

Initialement attribuée à la défaillance d'un joint, cette fuite s'est en fait produite à la suite de la rupture d'une tubulure d'égalisation de la pression de 15 mm de diamètre. L'installation est vérifiée, puis le compresseur défaillant est remis en service le lendemain matin. Les causes et circonstances de la rupture de la tuyauterie sont analysées. Plusieurs suites techniques sont données : amélioration du repérage des vannes et des tuyauteries d'NH3, vérification du bon fonctionnement des exutoires de fumées dont l'un aurait pu servir de ventilation additionnelle, mais n'a pas fonctionné...

N°34547 - 30/04/2008 - FRANCE - 44 - MONTOIR-DE-BRETAGNE

C20.15 - Fabrication de produits azotés et d'engrais

Dans l'estuaire de la LOIRE, une fuite de 200 l d'ammoniac (NH3) a lieu en début de matinée sur une canalisation lors du déchargement d'un navire dans une usine de produits azotés et d'engrais. L'exploitant en informe la capitainerie du port.

Le déchargement du navire reprend après remplacement du joint à l'origine de la fuite. Aucune conséquence n'est relevée, ni sur l'environnement, ni sur les personnes situées à proximité.

N°34302 - 28/02/2008 - FRANCE - 35 - SERVON-SUR-VILAINE

C10.71 - Fabrication de pain et de pâtisserie fraîche

Une fuite d'ammoniac (NH3) se produit à 11h17 sur une bride dans la chambre froide de 150 m² d'une boulangerie / pâtisserie industrielle régulièrement autorisée ; 7 employés sont incommodés (gêne respiratoire), 2 d'entre-eux dont l'un plus gravement intoxiqué étant hospitalisés par précaution. Par mesure de sécurité, 150 employés sont évacués et mis en chômage technique pour la journée. Le préfet et le maire se rendent sur les lieux. Une société de maintenance spécialisée colmate la fuite à 8h45. Les secours effectuent des mesures d'NH3 (140 ppm au niveau de la source, 110 ppm dans le local et moins de 30 ppm au niveau de l'unité de production) et ventilent le bâtiment.

N°34220 - 10/02/2008 - FRANCE - 86 - MIREBEAU

C10.13 - Préparation de produits à base de viande

Une fuite d'ammoniac (NH3) de réfrigération a lieu la nuit dans une usine de produits alimentaires d'origine animale, végétale et à base de lait. Le gardien donne l'alerte après déclenchement d'un détecteur NH3.

Un opérateur purge la capacité tampon d'NH3 de la centrale de production de froid, mais l'opération est ralentie par un bouchon de glace obturant l'orifice de purge. L'opérateur quitte les lieux en laissant la purge se poursuivre et oublie de revenir pour vérifier la bonne réalisation de l'opération et fermer la vanne. Le bouchon de glace fond et l'NH3 mélangé à de l'huile se déverse vers 3h50 dans un fut de 200 l prévu pour collecter le faible volume des égouttures de purge. Pour des raisons pratiques liées à sa vidange, ce fût hors des bâtiments n'est pas dans la cuve de rétention principale de la capacité tampon.

L'effluent ammoniacal déborde du fût, se déverse dans le réseau des eaux pluviales, puis le PREPSON. Les conséquences sur l'environnement semblent limitées (quelques grenouilles tuées), de même qu'au niveau de la station d'épuration municipale. L'écoulement ne se serait que faiblement infiltré au travers du regard de visite des eaux usées non totalement étanche, mais dépourvu de lumière.
Les secours évaluent la fuite à 25 l dNH3 dans un premier temps, puis à 250 kg en fin d'intervention le lendemain vers 21 h. L'activité de l'usine est momentanément stoppée, mais aucun chômage technique n'est envisagé. Le gardien incommodé est hospitalisé par précaution. Le service chargé de la police de l'eau est alerté. Un représentant municipal et la gendarmerie nationale se déplacent également. Des prélèvements d'eau sont effectués, bien qu'aucun point de captage ne soit répertorié le long du ruisseau.
La procédure traitant de la purge des cuves tampons NH3 était incomplète : validation a postériori de la fermeture des vannes manuelles, dispositions à prendre par l'opérateur lors d'un incident de purge, formation d'un bouchon de glace...
Par ailleurs, les mesures prises en matière de rétention lors de ces purges ne prenaient pas en compte un débordement important accidentel : bidon de 200 l sur une rétention mobile de 50 l et hors de la rétention principale contenant la cuve tampon.
L'exploitant met de suite en place une validation à postériori de la fermeture des vannes par le gardien en poste dont la formation sera complétée à cet effet. Plusieurs fûts de 200 l sont installés dans la rétention principale des installations de froid ; un transfert régulier dans un 2ème fût de l'huile purgée sera nécessaire, mais avec les dispositions prises sans crainte du déversement d'une quantité importante de substances polluantes dans l'environnement via les réseaux d'eaux pluviales et d'eaux usées. Enfin, un dispositif technique d'asservissement de la remise en fonctionnement des centrales frigorifiques à la fermeture de toutes les vannes manuelles est étudié.

N°34158 - 29/01/2008 - FRANCE - 56 - BERRIC
C10.13 - Préparation de produits à base de viande
Une alarme « incendie en salle des machines » se déclenche à 8 h sur un "téléphone maintenance" dans une usine d'aliments à base de produits carnés ou marins. Une fumée sort d'une cheminée d'extraction. Les installations sont arrêtées en urgence. Un feu s'est déclaré sur le moteur du compresseur d'une unité de réfrigération contenant 2,45 t d'ammoniac (NH3). Le frigorigène fuit ; 4 employés sous ARI, dont 2 agents de maintenance, tentent de maîtriser le départ de feu à l'aide d'extincteurs et, pour limiter l'émission d'NH3, ferment 2 vannes manuelles d'isolement sur les collecteurs d'NH3 en plus des vannes automatiques. Les pompiers externes et le sous-traitant chargé de l'entretien des installations sont alertés. L'alarme générale incendie est déclenchée, les 116 employés rejoignent des lieux de repli.
D'importants moyens de secours interviennent à 8h30 : 41 pompiers et CMIC, 12 camions, services vétérinaires informés par les pompiers, la gendarmerie... Le feu est éteint peu après. A 9h30, 2 pompiers en scaphandre chimique essaient d'identifier la source de la fuite. Gênant leur recherche, un sifflement aigu non localisé persiste jusqu'à la fermeture d'une vanne d'air comprimé qui isole l'usine à 9h45. En ARI et protégé par des pompiers, un binôme d'intervention de l'entreprise de maintenance intervient dans le local à 9h50. La fuite d'NH3 est maitrisée à 10h24 sur un raccord de tuyauterie rigide desserré et dont le joint a été détérioré par les flammes. La ventilation d'extraction est maintenue jusqu'à la fin de l'intervention dans le local et les combles ; 4 ppm d'NH3 seront mesurées à 100 m du site.
L'intervention s'achève vers 11h30. Aucune explosion d'NH3 confiné n'est notée et aucun blessé n'est à déplorer. Seuls le compresseur et la tuyauterie impliqués dans l'accident sont endommagés. Le local étant indépendant de l'outil de production et un 2ème compresseur étant disponible, l'usine reprend ses activités vers 11 h. Un appoint de 150 kg d'NH3 sera

effectué au démarrage du 2ème compresseur, mais cette quantité n'est sans doute pas exclusivement celle perdue lors de l'accident.
Selon l'exploitant, des frottements et vibrations sur un bornier électrique du moto-compresseur ont desserré des cosses et provoqué une amorce électrique à l' origine du départ de feu. Plusieurs mesures sont prises : évacuation des bidons d'huile stockés dans le local, identification des vannes de barrage manuelles, déplacement d'une vanne d'air située dans les combles, nettoyage rapide du local (suies...) pour limiter la corrosion du matériel, révision du POI, information et formation du personnel (support d'information, risque NH3, intervention sous ARI)... Vite détecté et localisé, puis traité, l'accident aurait pu être plus grave en période d'activité réduite (week-end, nuit...). L'enquête révèlera enfin que le responsable de maintenance usine connaissait mal les installations frigorifiques dont l'entretien était sous-traité à une entreprise extérieure.

N°34235 - 03/12/2007 - FRANCE - 88 - BULGNEVILLE
C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage
Dans une fromagerie, 20 à 50 kg d'ammoniac (NH3) s'échappent à 13 h d'une installation de réfrigération à l'arrêt depuis 3 mois et en cours de démantèlement. Après avoir préparé son chantier, un sous-traitant réalisant les travaux doit purger l'installation ; il démarre le compresseur de l'unité pour mettre le réseau en pression et vider les tuyauteries du gaz. La fuite a lieu au niveau du carter du compresseur dès le début de la montée en pression. Face au tableau de commande de l'unité, l'opérateur se retourne pour regarder derrière lui quand un jet de gaz le brûle au cou. Les pompiers sont appelés en renfort en raison des équipements de protection lourds nécessaires à l'intervention. Le blessé évacué sur un centre hospitalier regagnera son domicile quelques heures plus tard. Les secours en équipement de sécurité isolent les circuits en fermant plusieurs vannes.
La rupture d'un joint de carter sur un compresseur est à l'origine de l'accident. Le technicien peu expérimenté pour ce type d'intervention n'a cependant pas attendu l'arrivée de son collègue pour réaliser la purge. Le sous-traitant chargé des opérations établit un rapport sur les circonstances de l'accident.
L'inspection des IC est informée le lendemain soir. Aucun article n'est publié dans le journal local. Etant donnée l'odeur caractéristique du frigorigène, il semblerait que le gaz se soit dispersé avant d'arriver près des habitations riveraines, aucune plainte n'ayant été enregistré par l'industriel ou l'administration. Deux personnes resteront cependant confinées 30 min.
Selon l'exploitant, les procédures de sécurité internes ont bien fonctionné, le service de maintenance a réagi efficacement et le matériel en place s'est avéré utile ; le positionnement des ARI est cependant à revoir pour en accroitre l'efficacité.
Les installations concernées devaient être prochainement modifiée pour en améliorer le rendement tout en réduisant la quantité d'NH3 nécessaire. Une nouvelle étude de dangers permettra notamment d'évaluer de nouvelles distances d'effets en cas d'incident, ces dernières étant pour l'instant fixées à 1 500 m.

N°33839 - 06/11/2007 - FRANCE - 47 - TONNEINS
C10.41 - Fabrication d'huiles et graisses
Des riverains d'une usine de production d'huile biologique alimentaire signalent vers 15h40 une odeur d'ammoniac (NH3).
L'incident implique une installation de réfrigération en cours de démantèlement sur le site. Les travaux sont suspendus et la gendarmerie met en place un périmètre de sécurité. Le maire et le directeur de l'établissement se rendent sur les lieux.
Une CMIC effectue des analyses, puis le périmètre de sécurité est limité à l'emprise du bâtiment. La purge du ciel gazeux de la citerne de 2 500 l ne reprendra que le lendemain après-midi en présence d'une CMIC et après une visite des lieux par l'Inspection des IC. Enfin,

ce dégazage ne sera réalisé que si la concentration de NH3 ne dépasse pas 20 ppm en sortie du ventilateur antidéflagrant ; une hydrolyse sera réalisée dans le cas contraire.

N°33682 - 28/09/2007 - FRANCE - 44 - CAMPBON

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Une fuite de 10 kg d'ammoniac (NH3) se produit vers 10 h sur le compresseur d'une installation de réfrigération dans la salle des machines d'une laiterie. La vaporisation du produit nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité limité à l'entreprise. Les 170 employés de l'établissement sont évacués. Un médecin examine sur place 5 employés victimes d'irritations oculaires ; ces derniers ne seront pas hospitalisés. Les vents ne sont pas orientés en direction des zones habitées et la fuite est maîtrisée vers 12 h. Le site reprend ses activités en fin d'après-midi. Aucune conséquence environnementale n'est à déplorer.

N°34451 - 04/09/2007 - FRANCE - 94 - VITRY-SUR-SEINE

M72.19 - Recherche-développement en autres sciences physiques et naturelles

Vers 15h, une fuite d'ammoniac se produit sur un atelier de fabrication d'une usine pharmaceutique. Le dégagement se produit principalement au niveau de la cheminée de cet atelier situé à 32 m de haut mais une faible fraction se dégage aussi au niveau du sol occasionnant l'évacuation du personnel d'un bâtiment voisin; 3 personnes ressentant une gène respiratoire sont auscultées à l'infirmerie de l'établissement. La fuite est détectée par l'opérateur dans l'atelier puis par le déclenchement d'un analyseur de gaz.

L'incident survient lors du redémarrage de l'atelier après un arrêt programmé d'un mois durant lequel l'installation a été vidée de son contenu pour l'entretien. Une vanne manuelle sur l'évent du doseur relais ammoniac liquide est restée fermée. Ce doseur se trouve donc isolé au moment de son remplissage. Comme il est refroidi à - 45 °C, il a pu être chargé à partir du stockage principal d'ammoniac qui est sous pression. Lors la mise en service de l'installation, le doseur se trouve plein et sous pression du fait de la compression, lors du remplissage, de l'air qu'il contenait initialement. Au lancement de la séquence de démarrage, l'ammoniac liquide est rapidement chassé par la pression vers les colonnes d'abatage via la ligne d'évent et le gaz est émis à la cheminée. Les opérateurs ferment les vannes manuelles sur le doseur relais et arrosent le point de fuite au sol pour transformer l'ammoniac en solution ammoniacale. Les ventilateurs d'extraction sont automatiquement mis en route et le centre de secours assure la mise en place d'un fourgon à proximité du bâtiment de fabrication et la mise en sécurité du personnel des bâtiments voisins par arrêt des climatisations et demande de réintégration des locaux.

Une fuite sur un joint du circuit d'évent est à l'origine de la fuite dans le bâtiment. A l'extérieur du bâtiment, une seconde fuite se produit, au niveau du sol, par un trop plein équipant la 1ère colonne de lavage des gaz. La quantité d'ammoniac émise à l'atmosphère est estimée entre 270 kg et 1 150 kg.

Suite a cette incident, l'exploitant met en place plusieurs actions correctives: renforcement de l'étanchéité des circuits d'évent par suppression de points fragiles et de trop pleins, et amélioration du contrôle du doseur d'ammoniac par la mise en place d'une alarme de pression haute. Les actions préventives sont aussi mises en place: rappel de la nécessité d'appliquer les procédures de consignations des équipements, encadrement du redémarrage après arrêt par un mode opératoire et d'amélioration les procédures de confinement du personnel des bâtiments voisins.

N°33301 - 29/07/2007 - FRANCE - 22 - LOUDEAC

C10.13 - Préparation de produits à base de viande

Dans une usine de préparation industrielle de produits à base de viande, un feu se déclare vers 6h10 dans une salle de tranchage au 2ème étage d'un bâtiment de 15 000 m². Un risque de propagation du sinistre étant redouté et la fumée envahissant le bâtiment, les pompiers effectuent une reconnaissance dans les différents ateliers. L'incendie incommode 5 pompiers

et le gardien du site ; 40 personnes sont en chômage technique. Les locaux sont ventilés. L'intervention s'achève à 11h23, la surveillance et le déblaiement des lieux à 18h30. Les dommages sont importants, mais les installations de réfrigération mettant en œuvre 12 t d'ammoniac n'ont pas été atteintes. Les autorités locales, la gendarmerie et les services chargés du gaz et de l'électricité se sont également rendus sur les lieux.

N°33728 - 05/07/2007 - FRANCE - 50 - VALOGNES

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

En début d'après-midi, des passants alertent les services techniques municipaux après avoir remarqué des poissons morts dans le MERDERET qui traverse Valognes. Le pH des eaux de la rivière, fortement basique (pH 10), permet de localiser l'origine de la pollution : une fromagerie implantée sur la commune. Dans la matinée, un technicien dune société extérieure effectuant la maintenance de l'installation de réfrigération de l'usine a dégazé des tuyauteries sur lesquelles il devait intervenir. Pour éviter de rejeter à l'atmosphère de l'ammoniac (NH3), frigorigène mis en œuvre dans l'installation, il disposait de 2 fûts de 200 l remplis d'eau pour dissoudre le gaz. Une entreprise spécialisée devait ensuite évacuer ces fûts. Cet agent a malheureusement vidé le contenu des fûts sur le sol (200-250 l vers 13H30, puis 200 l vers 15H30) sur une partie du terrain qui est drainée. Par le drainage et le réseau des eaux pluviales de lusine, l'eau de dégazage s'est déversée dans le GRAVIER, affluent du MERDERET. Les procédures de sélection des sous-traitants et des méthodes de travail sont revues.

N°32841 - 26/11/2006 - FRANCE - 77 - GRANDPUITS-BAILLY-CARROIS

C20.15 - Fabrication de produits azotés et d'engrais

Dans une usine de fabrication de produits azotés et d'engrais, de l'ammoniac (NH3) est rejeté à l'atmosphère pendant 1 h via la cheminée d'un évent équipant un ballon de récupération des incondensables lors du chargement d'une sphère.

Le contremaître donne l'alerte après avoir remarqué la présence de givre sur une canalisation de liaison. Les capteurs de NH3 en limite de propriété indiquent un pic de 25 ppm au nord du site et de 40 ppm au sud. Aucune autre conséquence n'est relevée.

Le circuit frigorifique de maintien en pression des sphères comprend un groupe frigorifique qui liquéfie le NH3 gazeux issu des sphères de stockage et un ballon qui reçoit le NH3 liquéfié, en liaison directe avec les sphères et dont le ciel gazeux est relié à un second ballon de récupération des incondensables de l'atelier.

L'accident survient après un incident technique survenu la veille sur le poste de pompage ammoniac qui a conduit à la mise en sécurité de l'installation par arrêt des pompes et fermeture des vannes de sécurité. L'opérateur a alors réarmé la séquence d'arrêt, redémarré les pompes mais laissé les vannes de sécurité fermées dont celle équipant la conduite de liaison entre le ballon de NH3 liquéfié et les sphères.

Le lendemain, alors qu'un déchargement d'ammoniac commence, le système de maintien en pression des sphères est sollicité, entraînant le remplissage du ballon de NH3 liquide. Du fait de l'augmentation de pression dans le ballon, la vanne automatique (asservissement d'ouverture à 15 bar) équipant la canalisation qui relie les 2 ballons s'ouvre provoquant le rejet d'ammoniac via l'évent du second ballon.

L'analyse des causes de l'accident met en avant une erreur opératoire pendant une phase transitoire et un défaut de report rapide des alarmes des capteurs d'ammoniac en limite de site. En conséquence, plusieurs actions correctives sont mises en place :

- rédaction d'une consigne relative à la conduite à tenir en cas de mise en sécurité du poste de pompage ammoniac,
- formation complémentaire aux opérateurs,
- report des alarmes de détection d'ammoniac en salle de contrôle.

N°35215 - 25/11/2006 - FRANCE - 974 - SAINT-DENIS

C11.05 - Fabrication de bière

Le passage d'un compresseur en basse pression permet de détecter 2 fuites d'ammoniac (NH3) successives dans l'installation de réfrigération dune brasserie / limonaderie mettant en œuvre 840 kg dNH3. Cette installation dispose de 2 échangeurs à plaques pour refroidir de l'eau glycolée par échange thermique avec lNH3. Une première 1ère fuite dNH3 dans le circuit d'eau glycolée a eu lieu le 25/11/06 sur l'un des échangeurs, la 2ème se produisant le 16/01/07 sur le second échangeur.

Les 2 incidents ont sans doute pour origine une corrosion des circuits ou un choc thermique avec déformation des cassettes de l'échangeur. La pression dans le circuit NH3 étant supérieure à celle du circuit eau glycolée, une partie de lNH3 a contaminé le circuit d'eau glycolée. Selon l'exploitant, l'inadaptation des compresseurs à l'installation de réfrigération serait à l'origine de la "congélation" des échangeurs.

L'exploitant fait appel à une société extérieure (le fournisseur de l'installation) du 5 au 9 mars 2007 pour analyser les causes / circonstances de ces 2 incidents et prendre les premières mesures. Pour dégazer lNH3 de l'eau glycolée, l'exploitant met à l'air libre à partir du 12/03/07 le mélange dans un vase d'expansion implanté au-dessus de la salle des machines, mais à l'extérieur du bâtiment. L'exploitant évalue ainsi à 480 kg (240 kg par fuite) la quantité dNH3 partie dans l'eau glycolée, puis émise à l'atmosphère lors de l'aération du circuit eau glycolée.

L'enquête effectuée semble révéler que les automatismes et les paramètres de contrôle de l'installation de réfrigération n'étaient pas totalement maîtrises. Certains équipements et notamment les échangeurs étaient sans doute déjà relativement corrodés. L'étude des dangers réalisée sur les installations ne prenait pas en compte ce type de scénario.

Plusieurs expertises réalisées à la demande de l'exploitant permettent notamment d'ajuster les automatismes mis en œuvre dans l'installation de réfrigération.

N°32370 - 12/10/2006 - FRANCE - 29 - QUIMPER

C10.13 - Préparation de produits à base de viande

Une fuite de 20 kg d'ammoniac (NH3) a lieu dans une usine de production de viande après rupture d'une tuyauterie de 10 mm de diamètre assurant le retour d'huile du séparateur vers le compresseur haute pression.

A 7h20, l'alarme "détection NH3" se déclenche sur la centrale NH3 avec report téléphonique vers le chef d'équipe maintenance. La salle des machines est arrêtée et son extraction forcée est mise en service. Le défaut est observé au niveau de la centrale : Alarme sonde n° 7 salle des machines - 1 028 ppm d'NH3'. Equipée de masques à cartouche, une équipe de maintenance pénètre dans la salle des machines pour vérifier l'origine de l'alarme. Ressortant du local leurs cartouches saturées, les intervenants confirment à 7h30 au chef de fabrication l'importance de la fuite pour qu'il puisse alerter les secours. L'un des techniciens se rend alors à l'entrée du site pour les accueillir, 2 autres récupèrent du matériel d'intervention (scaphandre et ARI).

L'NH3 diffuse dans les secteurs expédition / emballage frais qui sont évacués en priorité à 7h35. Deux techniciens en tenue étanche localisent et stoppent la fuite. Le personnel est évacué à 7h40 des ateliers vers la salle de pause à l'opposé de la salle des machines. La fuite est au niveau du compresseur n° 4 qui est isolé à 7h45. La salle des machines et les locaux de production sont ventilés à 7h50 en ouvrant portes des quais et exutoires. Les pompiers suivent l'évolution de la concentration en NH3 dans les ateliers et dans les combles ; 200 ppm sont mesurées à 8h15 en salle des machines et 131 ppm sur le quai d'expédition au haut de l'escalier montant de cette salle. A la demande des pompiers qui ne souhaitent pas les laisser dans une zone confinée, les employés quittent la salle de pause à 8h30 et se dirigent vers un point de rassemblement extérieur. Deux personnes incommodées sont hospitalisées à 9 h pour des

examens complémentaires. Des secteurs de l'usine sont à nouveau accessibles 1 h plus tard (inférieur à 5 ppm NH3), sauf le secteur expédition / emballage frais (25 ppm d'NH3) dont l'accès ne sera autorisé par les pompiers qu'à partir de 11 h. La rupture de tuyauterie pourrait être liée aux vibrations du compresseur. La société chargée du suivi des installations de réfrigération la vérifie et la remet en service dans l'après-midi.
La rapidité de la détection de la fuite, puis de l'intervention avec des moyens adaptés pour la maîtriser dans les meilleurs délais a sans aucun doute permis de limiter la quantité de frigorigène toxique émise à l'atmosphère. L'exploitant prévoit de renforcer la tuyauterie de retour d'huile avec un support métallique et de vérifier la bonne fermeture / étanchéité des portes de l'escalier entre la salle des machines et le quai d'expédition.

N°32347 - 28/08/2006 - FRANCE - 61 - ARGENTAN
C10.52 - Fabrication de glaces et sorbets
Dans un tunnel de surgélation d'une usine de glaces alimentaires, une fuite de 40 kg d'ammoniac (13 t d'NH3 au total dans l'installation) a lieu à 6h30 sur une tuyauterie d'une ligne de fabrication de cônes. Un opérateur alerte aussitôt le frigoriste présent sur le site. Dans le même temps, la détection automatique de l'atelier se met en alarme au 1er seuil de 300 ppm avec report en salle de contrôle et déclenchement d'une sirène.
A 6h40 et en 10 min, une équipe d'intervention (frigoriste + frigoriste d'astreinte + responsable installations NH3) localise la fuite et ferme des vannes de sectionnement manuelles pour couper les arrivées d'NH3. Le circuit est mis en sécurité en actionnant l'arrêt d'urgence et la tuyauterie est purgée. Les agents de fabrication quittent l'atelier et la production est arrêtée. L'exploitant prévient à 8 h la société chargée de la maintenance des installations de réfrigération. Les pompiers alertés à 8h30 interviennent 1 h plus tard pour faciliter l'extraction de l'NH3 dans le secteur de la fuite et dans l'atelier de production, puis les locaux sont ventilés.
A son arrivée, le prestataire frigoriste effectue des mesures de concentration en
NH3 dans le tunnel de surgélation ; elles montrent une dispersion progressive de l'NH3 émis à l'atmosphère. A 9 h, l'exploitant décide la mise en chômage technique de ses 122 employés pour une journée. L'NH3 émis dans l'atelier sera évacué hors du bâtiment à l'aide des extracteurs répartis sur la zone ; la concentration chute ainsi de 437 à 194 ppm en 2 h. Une météorologie favorable avec vents moyens dirige l'NH3 vers la zone industrielle où il se disperse.
La concentration devenue pratiquement nulle, l'intervention des pompiers s'achève vers 17 h.
La canalisation endommagée était revêtue de mousse polyuréthane injectée, elle-même protégée par un revêtement en inox. Une corrosion extérieure importante sera détectée sous le calorifugeage. Celle-ci qui ne pouvait être détectée par un simple contrôle visuel serait à l'origine de la rupture de la canalisation, elle-même soumise à des conditions d'exploitation difficile en présence d'une atmosphère humide. Cette hypothèse n'avait pas été prise en compte dans l'étude des dangers. La quantité d'NH3 émise était contenue dans la canalisation entre la vanne fermée et le point de fuite.
L'exploitant avait déjà entrepris une démarche de prévention de la corrosion, notamment lors des remplacements périodiques des tuyauteries, en les protégeant systématiquement par des bandes grasses pour limiter les effets de l'humidité. Une nouvelle inspection de l'ensemble des tuyauteries et tunnels de surgélation sera réalisée pour remplacer progressivement les canalisations isolées par du polyuréthane, facteur d'accélération de la corrosion, par des tuyauteries protégées par des bandes grasses extérieures.

N°32650 - 09/08/2006 - FRANCE - 74 - TANINGES
C10.13 - Préparation de produits à base de viande
Une explosion se produit sur un carter de compresseur dans une usine de préparation de viande dont la télésurveillance à distance du groupe 6CF a indiqué une anomalie sur un compresseur de l'usine. La maintenance est contactée vers 20h30. Elle vérifie les circuits et

enclenche le compresseur à l'arrêt. Le carter de celui-ci explose suivie de projections d'huile et ammoniac de réfrigération qui brûle la personne de maintenance se précipitant vers la sortie en fermant la vanne générale. Les pompiers interviennent immédiatement et ferment les vannes du compresseur. La gendarmerie a évacué les riverains durant 4 h par précaution. L'installation est arrêtée et sa reprise reprendra après la visite d'un expert frigoriste. Celui-ci ne détecte aucun défaut d'alliage, ni de circuit. En 2007, l'installation est prévue d'être changée.

N°31725 - 30/04/2006 - FRANCE - 35 - MONTAUBAN

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Une fuite d'ammoniac (NH3) se produit vers 13 h sur les installations de réfrigération d'un abattoir. Les employés colmatent la fuite, mais des concentrations de 40 à 70 ppm sont mesurées dans 4 chambres froides de 400 m² et 7 m de haut dans lesquelles ont stockées 60 t de viande. Un employé souffre de légères irritations oculaires. Les pompiers assainissent les lieux à l'aide d'un ventilateur grand débit, les concentrations chutant entre 15 et 20 ppm vers 23 h. L'opération se prolonge durant la nuit. Le lendemain vers midi, la viande est examinée par les services vétérinaires et stockée dans un semi-remorque. Les chambres froides sont nettoyées. L'abattoir reprend son activité le surlendemain.

N°31718 - 07/04/2006 - FRANCE - 74 - TANINGES

C10.13 - Préparation de produits à base de viande

Dans une salaison, une fuite de 200 kg d'ammoniac (NH3) a lieu à 16h30 sur une canalisation corrodée d'une installation de réfrigération (900 kg d'NH3) refroidissant 2 séchoirs à jambons et saucissons. L'installation est vieillissante, 3 compresseurs ont déjà été remplacés. Après une inspection en septembre 2005 et sur demande de l'administration, une société spécialisée en avait effectué un contrôle complet et noté plusieurs anomalies : 4 fuites et absence de calorifuge à divers endroits, isolant mal adapté, piqûres de corrosion, condenseurs usagés. La tuyauterie impliquée dans l'accident, au calorifuge récent, est implantée dans l'une des 4 salles techniques abritant les surchauffeurs, elle-même située au 4ème et dernier étage de l'établissement. L'exploitant donne l'alerte après avoir détecté une odeur anormale lors d'une ronde d'étage. Le responsable de la maintenance ne peut atteindre la vanne d'arrêt du circuit et les secours externes (pompiers + CMIC) sont appelés. Les riverains se confinent. La gendarmerie met en place un périmètre de sécurité. Les pompiers évacuent l'équipe d'ouvriers présente et les bureaux, isolent la canalisation et posent un collier provisoire sur la tuyauterie. Aucun blessé n'est à déplorer. Le nuage toxique formé s'élève dans l'atmosphère, les étages inférieurs et les productions ne seront pas contaminés. Un frigoriste sous-traitant neutralise 3 jours plus tard le circuit de refroidissement et vidange l'NH3 restant dans la bouteille basse pression de la salle des machines. Les installations ne seront remises en service qu'après autorisation préfectorale et réalisation des travaux nécessaires supervisés par un expert. Selon ce dernier, la corrosion observée est due à une malfaçon dans la pose du calorifugeage : aucune bande grasse ou couche goudronnée n'isolait l'acier de l'isolant. La corrosion est passée inaperçue, le calorifuge ne montrant aucun signe de dégradation. Les tuyauteries corrodées seront remplacées. Le plan d'intervention élaboré en interne fera l'objet d'une procédure écrite. Un remplacement du frigorigène est envisagé.

N°31239 - 06/01/2006 - FRANCE - 35 - VITRE

C10.52 - Fabrication de glaces et sorbets

Dans une usine de crèmes glacées, 6 à 800 l d'ammoniac (inférieur à 500 kg NH3) sont émis à l'atmosphère en fin de nuit par un collecteur d'échappement à la suite d'une surpression dans le circuits haute pression (HP) d'une installation de réfrigération et du dysfonctionnement d'une soupape de sécurité sur un réfrigérant d'huile ; celle-ci tarée à 18 bars s'est ouverte à 15,7 bars, le pressostat de sécurité HP étant réglé à 16,5 bars. Selon les témoins, l'NH3 sous forme liquide

en début d'émission a empêché la "fermeture" de la soupape après relargage ; tout l'NH3 de la section concernée sera libéré jusqu'à fermeture définitive des circuits.
L'NH3 émis détecté en salle des machines entraîne l'arrêt des installations dont les sécurités fonctionnent bien. Une alarme alerte un agent de surveillance qui applique les consignes de sécurité ; le POI de l'usine est déclenché moins de 15 min après l'alarme. Les secours externes sur les lieux 10 min après avoir été prévenus utilisent 2 "queues de paon" pour limiter toute propagation d'NH3 en direction d'une zone d'habitat très proche ; des concentrations de 59 ppm d'NH3 seront relevées à la source, 39 ppm à 200 m et 11 ppm à 300 m. La gendarmerie invite la population, dont 150 personne d'un lotissement voisin, à se confiner dans un rayon de 200 m. Le personnel du site est évacué, ainsi que les entreprises voisines dans un périmètre de 50 m sous le vent. La municipalité gestionnaire du bassin de rétention des eaux pluviales de la ZI est également alertée.
Pour des raisons techniques d'organisation, les pompiers ne ferment la vanne de sortie de ce bassin que 30 à 45 min après le début de leur intervention ; un 1er rejet d'eau fortement alcalinisée (queues de paon) dans la VILAINE est inévitable et quelques poissons sont tués. Devant la forte augmentation du pH (supérieur à10) notée par les pompiers en aval immédiat du point de rejet, la police de l'eau fait effectuer plusieurs largages depuis un barrage amont et, avec
l'appui de l'inspection, demande à l'industriel la mise en place d'un réseau de relevé du pH le long de la rivière, en relais de celui des pompiers, pour suivre la progression de la vague. Un captage d'eau potable est suspendu par précaution en aval. A l'arrivée de la vague de pollution, un 2ème largage est effectué d'une retenue sur un affluent de la VILAINE. Les mesures prises sont levées après constat de l'effet de dilution obtenu et d'un retour à la normale.
Les 40 employés du site seront en chômage technique une journée. Un manque d'eau d'alimentation du condenseur évaporatif est à l'origine de la pression d'NH3 anormalement élevée dans les circuits de condensation. Toutes les soupapes de sécurité sont remplacées, le seuil de réglage des sécurités HP est abaissé, une alerte manque d'eau et une détection fonctionnement des soupapes sont installées, la procédure de fermeture du bassin de confinement est modifiée.

N°30952 - 03/11/2005 - FRANCE - 30 - SAINT-LAURENT-D'AIGOUZE
YYY.YY - Activité indéterminée
Une fuite d'ammoniac (NH3) a lieu sur une tuyauterie de 20 / 27 mm en partie sectionnée dans un bâtiment de 4 000 m² abritant d'anciennes installations de réfrigération en cours de démantèlement. Aucune victime n'est à déplorer, mais les 20 employés de l'établissement sont évacués à titre préventif. Le réservoir principal d'une capacité évaluée à 30 m³ d'NH3 est situé hors du bâtiment. Les secours sont alertés vers 10 h. La fuite sera localisée et stoppée à 11h40, puis un frigoriste est contacté pour sécuriser les installations. Les locaux sont ventilés. La gendarmerie s'est rendue sur les lieux.

N°31010 - 23/10/2005 - FRANCE - 29 - LANDIVISIAU
C10.20 - Transformation et conservation de poisson, de crustacés et de mollusques
Une fuite de 150 à 200 kg d'ammoniac (NH3) se produit un dimanche à 10h30 sur un joint de clapet dans la salle des machines d'une entreprise spécialisée dans le traitement et la transformation de poissons. Une alarme NH3 se déclenche avec mise en service automatique d'un extracteur d'air de secours et arrêt des installations de réfrigération. Les installations redémarrent vers 18 h après intervention d'un frigoriste sous-traitant. L'incident a été sans conséquence sur l'environnement et sur les personnes. Les pompiers n'ont pas été alertés.

N°30862 - 25/09/2005 - FRANCE - 42 - ANDREZIEUX-BOUTHEON
C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Une fuite de 50 kg d'ammoniac (NH3) se produit dans une usine de produits laitiers après la rupture d'une durite sur un des compresseurs. Le POI est mis en œuvre : arrêt complet des installations, évacuation des 4 personnes présentes sur le site et déclenchement de la sirène. Les pompiers de la cellule chimique de Saint-Etienne interviennent vers 9 h. Le PPI est déclenché, mais la population n'est pas informée car les concentrations mesurées par le groupe d'intervention sont faibles. Après analyse, le moteur du compresseur est retrouvé descellé de son socle ; l'augmentation des vibrations résultantes est à l'origine de la rupture d'une durite d'huile mélangée à l'ammoniac. Ce scénario n'était pas envisagé dans l'étude de dangers. Une légère fuite de la durite défectueuse avait déjà été constatée la semaine précédant l'incident : le responsable de l'entretien l'avait resserrée et avait effectué une vérification visuelle de toutes les autres durites.
L'exploitant prévoit une étude vibratoire et l'inspection des installations classées demande qu'un plan de maintenance et de surveillance des durites et tuyauteries soit réalisé.

N°31216 - 23/09/2005 - FRANCE - 44 - CARQUEFOU
H52.10 - Entreposage et stockage
Dans un entrepôt frigorifique construit en 1980, 40 kg d'ammoniac (NH3) fuient d'installations de réfrigération en rénovation contenant 3,5 t de frigorigène. Avant de remplacer des collecteurs NH3 en hauteur dans le couloir de manutention de l'établissement, un tuyauteur travaillant pour le compte d'un frigoriste sous-traitant enlève à 10h20 le calorifugeage isolant plusieurs anciennes tuyauteries devant le tunnel de congélation. De la glace étant présente dans l'isolant, l'ouvrier qui utilise un marteau et un burin, percute une canalisation et de l'NH3 gazeux fuit dans le quai de manutention. Le responsable d'exploitation fait évacuer le quai et les bureaux proches 5 min plus tard, puis alerte le directeur en visite clientèle qui donne consigne d'appeler les pompiers, d'avertir le locataire d'une partie des locaux séparée de la zone NH3 et de maintenir le personnel hors du bâtiment. De 10h30 à 11 h, le frigoriste de l'entrepôt et 2 frigoristes sous-traitants ferment les vannes d'aspiration et d'alimentation en liquide des chambres et du tunnel. A 11 h, un technicien accompagné de 2 pompiers recherchent la fuite qui est localisée 45 min plus tard : un trou de 2 à 3 mm sur un piquage du collecteur. La tuyauterie est vidangée et mise sous vide. Des prélèvements d'air à 12h30 montrent l'absence d'NH3 dans la partie des locaux louée, 0 à 4 ppm au 1er étage de l'entrepôt, 4 à 20 ppm au rez-de-chaussée et 50 ppm sur le quai devant le tunnel. Les activités reprennent à 13 h. A la remis en service des installations, seule la vanne de départ liquide du tunnel est isolée, les vannes d'aspirations restant ouvertes pour aspirer le reste de l'NH3 dans les batteries du tunnel. L'exploitant et le prestataire avaient rédigé un plan de prévention et une procédure d'intervention avant les travaux. Il n'y a pas de victime. Plusieurs mesures sont prises : remplacement des collecteurs et des calorifuges, nouveaux collecteurs placés plus haut (risque de heurt diminué) et calorifugés séparément, réunions avec le prestataire pour un rappel des consignes de sécurité et avec l'équipe d'exploitation pour améliorer la réaction à ce type d'accident, exercice planifié avec les pompiers en 2006. Un arrêté préfectoral impose une étude technico-économique : confinement des canalisations de distribution d'NH3 vers les chambres froides, vannes à sécurité positive commandées à distance, amélioration des conditions d'accès aux installations en hauteur dans le circuit de distribution.

N°31231 - 22/06/2005 - FRANCE - 85 - CHAVAGNES-EN-PAILLERS
C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille
Une fuite d'ammoniac se produit au niveau des vannes des surgélateurs (réfrigération) dans les combles d'une usine de production de viande. Trois employés sont légèrement incommodés. Le service de maintenance bloque rapidement les vannes en amont de la fuite.

N°29918 - 30/05/2005 - FRANCE - 49 - DAUMERAY

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille
Une fuite d'ammoniac vers 8h30 sur les installations de réfrigération d'un abattoir de volailles incommode 11 employés qui sont hospitalisées. Les pompiers évacuent 60 autres personnes dont 13 sont examinées sur place par des médecins.
L'intervention mobilise 34 pompiers et 12 véhicules, dont une CMIC et 6 ambulances, durant 2h30. La gendarmerie s'est également rendue sur les lieux.

N°29687 - 23/04/2005 - FRANCE - 77 - NEMOURS
H52.10 - Entreposage et stockage
Un conteneur ou 'fût à pression' d'ammoniac (NH3) fuit dans un entrepôt de surgelés en zone artisanale. L'accident a lieu lors du remplacement du condenseur d'une unité de réfrigération en partie vidée la veille avec transfert de 1 500 kg d'NH3 à - 18 °C dans 4 fûts de 930 l (450 kg) loués à un distributeur de produits chimiques par le frigoriste chargé des travaux.
Les 3 fûts pleins et un 4ème rempli à 50 % sont ensuite stockés hors de l'entrepôt gardienné de nuit.
Le lendemain à 11h50, l'un d'eux non manipulé entre temps, construit en 1998 et ré-éprouvé en 2003 (PE 49 bar, PS 32,5 bar, -20 °C inférieur à T inférieur à +50 °C) se déchire brutalement. Le POI est déclenché vers 12h15. D'importants moyens humains et matériels interviennent : centaine de pompiers, quarantaine de véhicules, 2 hélicoptères... Un nuage toxique incommode une centaine de personnes sur la ZI (dont 21 employés de l'entrepôt), puis atteint une aire d'autoroute à 200 m des fûts où stationnent plusieurs automobiles ; 52 victimes sont recensées, 28 dont 5 plus atteintes (2 gendarmes, 1 chauffeur dans l'entrepôt et 2 personnes asthmatiques) sont hospitalisées jusqu'au soir. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place et une rue est bloquée. Des messages lumineux informent les usagers de l'autoroute : aire de repos interdite, fermeture des vitres des véhicules, arrêt des ventilations. Les pompiers en ARI dispersent les émanations d'NH3 avec des lances. Pour maintenir une capacité de rétention suffisante, les eaux de dilution collectées dans un bassin de 300 m³ sont rejetées dans le réseau après un contrôle de pH (8 à 9) ; 550 m3 d'eau seront ainsi utilisés. Les fûts intacts sont transférés dans l'unité de réfrigération. L'aire de repos est ré ouverte à 21h26 et l'intervention s'achève vers 22 h.
Une expertise note une rupture de l'équipement sous pression (ESP) consécutive à un sur-remplissage dû à une procédure de travail "inadaptée" et préconise une pesée systématique des fûts. Selon l'IIC, la procédure est surtout difficile à mettre en œuvre : positionnement minutieux du fût "polyvalent" susceptible de contenir gaz liquéfiés ou liquides en fonction de 2 marques peintes sur son flanc selon un angle de 40° pour que le tube plongeur limiteur de remplissage
85 ou 100 % puisse jouer son rôle... Ce réglage est cependant imprécis, l'extrémité du tube étant par construction à une distance variable de la paroi du cylindre. Un mélange de produits (eau / NH3...) dû à cette même polyvalence ne peut aussi être écarté.
Une réduction de 600 kg de la charge d'NH3 (passage au régime de la déclaration) avec remplacement du matériel existant libère un espace suffisant en salle des machines pour stocker les conteneurs de transfert. La construction d'un quai de chargement spécifique facilite la manutention des conteneurs. Le POI est renforcé. Les procédures de remplissage / vidange des réservoirs mobiles sont mieux formalisées.

N°29279 - 25/02/2005 - FRANCE - 01 - VIRIAT
C10.13 - Préparation de produits à base de viande
Lors d'un changement d'équipe vers 5 h dans une usine de plats cuisinés, un cariste détecte une odeur d'ammoniac (NH3) et donne l'alerte ; 55 personnes sont évacuées dont 4 se plaignent de maux de tête, 2 sont hospitalisées par précaution. Des techniciens mettent en sécurité les installations à 5h30. Les pompiers relèvent des concentrations de 150 mg d'NH3 et

ventilent les ateliers. Seules des traces d'NH3 seront détectées 4 h plus tard. Aucune conséquence ne sera perçue hors du site. Un frigoriste extérieur dégivre et contrôle les installations de réfrigération, resserre un bouchon qui fuit et redémarre l'unité entre 10 et 11 h. L'accident a 2 origines : le bouchon desserré et une perte d'alimentation électrique quelques heures plus tôt. Selon l'exploitant, des vibrations de la tuyauterie auraient desserré le bouchon, sans perte d'étanchéité cependant tant que les installations fonctionnaient en continu et sous dépression de 0,5 bar. L'arrêt de celles-ci, sans doute entre minuit et 1 h du matin lié au déclenchement d'un disjoncteur, a entraîné la perte de cette dépression au profit d'un rééquilibrage des pressions à 3 ou 4 bar dans les circuits (pression de service 11 bar), puis la fuite. Pourtant non satisfaisant au regard des exigences de sécurité et de maintien des conditions thermiques dans les chambres froides, l'arrêt intempestif n'a pas été détecté en temps réel : historique des défauts et information du déclenchement du disjoncteur non retransmis en salle de contrôle, mais aussi seuil de détection de 500 ppm d'NH3 non atteint ou détecteur mal positionné ? Un expert formule plusieurs recommandations : examen du positionnement des 2 détecteurs NH3 existants, étude d'une configuration pour s'affranchir des circulations d'air dans les combles et éviter de contrarier la détection d'une fuite d'NH3, repérage des vannes d'isolement manuelles et automatiques (nomenclature et report sur plan), installation d'un dispositif pour connaître à tout instant l'état (marche / arrêt) de l'installation. Plusieurs procédures sont également préconisées : déglaçage périodique pour faciliter les manœuvres de vannes, la lecture du niveau et, plus généralement, limiter les contraintes liées à la masse de glace sur les éléments de l'installation, réalisation de tests périodiques pour vérifier le bon fonctionnement de la chaîne de détection et de sécurité NH3, suivi de l'accessibilité du matériel (déglaçage), manœuvre périodique des vannes et contrôle d'absence de fuite. Une fuite de frigorigène fluoré se produira également le 19 octobre 2005 dans l'établissement (ARIA 31364).

N°29395 - 11/02/2005 - FRANCE - 40 - BORDERES-ET-LAMENSANS

C10.39 - Autre transformation et conservation de fruits et légumes

Une fuite de 2 à 3 m³ d'ammoniac (NH3) gazeux se produit dans un établissement de transformation et de conservation de légumes. Une installation de réfrigération contenant 9 t de frigorigène doit être mise en conformité avec les conclusions d'une étude des dangers, notamment pour diminuer les quantités d'NH3 émises lors d'un éventuel rejet accidentel et limiter les effets irréversibles au périmètre de l'établissement. Le 10 février à 9 h, préalablement aux travaux à réaliser, le réservoir moyenne pression (MP) de 2 à 3 m³ de l'installation est vidangé de l'NH3 liquide qu'il contient après avoir été isolé en amont et en aval : avant les compresseurs, sur l'alimentation liquide haute pression (HP), en départ vers la bouteille basse pression (BP) et sur le retour des condensats du surgélateur. La vidange achevée, la pression résiduelle d'NH3 gaz du ballon est voisine de 4 bars en fin de journée. Durant la nuit, une résistance électrique maintenant fluide l'huile du séparateur implanté en aval du réservoir MP est laissée en fonctionnement pour vaporiser l'NH3 liquide restant dans ce bouteillon et permettre une vidange ultérieure de cette huile. L'ammoniac gazeux monte progressivement en température et en pression, jusqu'à atteindre 11 bars le lendemain matin, pression d'ouverture de la soupape de sécurité surmontant le séparateur. Incommodé par une odeur d'NH3, un riverain situé à 150 m des installations alerte l'établissement vers 8 h, puis la gendarmerie. Des employés arrivent à 8h10, une personne qualifiée intervient sous ARI pour basculer le circuit sur la soupape de secours ; la fuite d'NH3 est enrayée et la pression redescend rapidement à 9 bars. La bouteille est ensuite dégazée vers le ballon BP à 4 bars, puis reliée à une pompe à vide pour ramener la pression effective à 0. La résistance électrique est arrêtée. Le fonctionnement de la résistance a provoqué une montée en pression de l'NH3 contenu dans le séparateur, mais sans doute aussi de celui contenu dans le ballon MP, la liaison entre les 2 n'ayant pas été coupée. L'alerte prend fin avant l'arrivée des pompiers et de

l'inspection des installations classées vers 9h15. L'exploitant modifie ses procédures, la purge des bouteillons d'huile sera réalisée en même temps que le soutirage d'NH3 des capacités, l'opération restant exceptionnelle.

N°28880 - 05/01/2005 - FRANCE - 91 - MILLY-LA-FORET

C10.39 - Autre transformation et conservation de fruits et légumes

Dans un établissement de surgelés, 30 kg d'ammoniac (NH3) gazeux sont émis à 10h08 et durant 10 min par la soupape de sécurité d'une installation de réfrigération contenant 4 t de frigorigène. Légèrement intoxiqués, 2 sous-traitants intervenant sur le site sont hospitalisés par précaution, 10 employés sont examinés sur place et 30 personnes sont évacuées. L'intervention mobilise 49 pompiers et une quinzaine de véhicules. L'inspection des installation classées effectue une enquête. L'inspection du travail se rend également sur les lieux à la demande du Parquet. Les services spécialisés réalisent des prélèvements et analyses d'air qui ne révèlent aucune concentration toxique alarmante hors de l'établissement, une forêt étant par ailleurs implantée dans le secteur situé sous le vent. L'intervention des secours s'achève à 14h23. L'installation est arrêtée tant que les causes exactes de l'incident ne sont pas identifiées et que des mesures correctives n'ont pas été prises. Voulant accélérer une phase de dégivrage des équipements, un agent qui a suivi des stages de frigoriste et est habilité pour intervenir sur ce type d'installation, avait décidé de passer en mode manuel en arrêtant les ventilateurs de refroidissement des condenseurs alimentant le réservoir haute pression (HP) de l'installation. Le dégivrage certes plus rapide a en fait été réalisé sur une installation en régime instable : diminution du refroidissement des compresseurs, puis augmentation de la température et de la pression dans le réservoir HP jusqu'au dépassement de la pression de tarage de la soupape. Plusieurs mesures correctives sont prises : point de consigne des pressostats HP abaissé pour augmenter le différentiel de pression par rapport à la pression de tarage des soupapes, nouveau pressostat installé au niveau de la bouteille HP, accès à la salle des machines limité aux seuls techniciens de maintenance et à ceux de l'entreprise assurant l'entretien du matériel, rédaction d'une consigne interdisant d'accélérer la

Production de gaz chaud, formation régulière obligatoire aux risques de tout le personnel sous-traitant intervenant régulièrement sur le site, avec connaissance des tonalités des alarmes sonores, capteur de gaz installé au-dessus de la salle des machines et à proximité des soupapes, collecte en cheminée des rejets gazeux des soupapes avec mise en place d'un détecteur NH3 dans la cheminée...

N°28762 - 20/12/2004 - FRANCE - 49 - LES CERQUEUX-DE-MAULEVRIER

C10.71 - Fabrication de pain et de pâtisserie fraîche

Vers 5h30 du matin, lors de l'entretien préventif d'un filtre sur les installations de réfrigération d'un établissement de viennoiseries, une fuite d'ammoniac (NH3) sur le circuit d'alimentation BP d'un surgélateur conduit à évacuer les 59 employés présents. Le SMUR prend en charge 8 d'entre eux victimes de céphalées, l'une d'elles incommodées étant hospitalisée par précaution. Une CMIC effectue des mesures qui se révèlent négatives. Les 3 lignes de production arrêtées reprennent leurs activités à 12h30. Les techniciens ont fermé une vanne en amont du filtre, vidé la canalisation, dégazé et retiré le filtre, avant d'aller le nettoyer dans l'atelier. Durant leur absence le joint de la vanne s'est dilaté avec la température ambiante des combles conduisant à un écoulement de 10 l d'NH3 liquide. Le déclenchement d'une détection (seuil 1 à 70 ppm) met en service les ventilateurs d'extraction. Des techniciens équipés de masques et de gants de protection resserrent la vanne et stoppent la fuite vers 6 h. L'NH3 déversé dans le bac de rétention sous la station de vannes a ensuite déclenché le seuil 2 (100 ppm / max. mesuré 237 ppm d'NH3) en s'évaporant, conduisant à évacuer l'usine. Après nettoyage de la zone concernée à l'eau, la solution ammoniacale s'est déversée en partie dans les réseaux d'eaux usées raccordés à la station de traitement et a libéré de l'NH3 qui est remonté dans les zones de travail par des siphons désamorcés. Le personnel avait repris ses activités vers 7 h après contrôles de l'atmosphère des bâtiments et autorisation donnée par les techniciens, la 1ère personne s'est plaint de difficultés respiratoires vers 8h30. L'accident met en lumière un

manque de formation du personnel notamment en matière de réaction face à une fuite d'NH3. Informée indirectement et tardivement, l'Inspection des installations classée constate les faits. La fuite aurait pu être évitée si la vanne avait été serrée suffisamment et si le filtre avait été remplacé sur place immédiatement. Les consignes portant sur la maintenance des filtres sont améliorées : travaux en dehors des périodes de production, modification du mode opératoire (remplacement immédiat du filtre, l'ancien filtre étant nettoyé et réutilisé à la prochaine intervention), acquisition d'un appareil de mesure portatif des concentrations d'NH3 dans l'air. Enfin, une meilleure information du personnel sur les risques liés à l'NH3 est mise en place pour éviter notamment tout effet de panique en cas d'odeur d'NH3.

N°28763 - 20/12/2004 - FRANCE - 60 - MOYENNEVILLE

C10.39 - Autre transformation et conservation de fruits et légumes

Dans une ancienne conserverie utilisée pour entreposer des archives, une fuite d'ammoniac se produit à 17h50 sur l'une des anciennes canalisations d'une installation de réfrigération non démantelée. Les secours obturent la fuite. L'entreprise est fermée et une famille d'employé est évacuée et relogée. L'inspection des installations classées expertise les lieux.

N°28692 - 01/12/2004 - FRANCE - 49 - SEGRE

C10.52 - Fabrication de glaces et sorbets

Un gaz non identifié incommode 2 ouvriers travaillant dans un bâtiment désaffecté. Ceux-ci sont hospitalisés. Un périmètre de 200 m est mis en place et un binôme reconnait les lieux. Une fuite probable d'ammoniac sur une tuyauterie (réfrigération ?) est stoppée. Les locaux sont ventilés. Le lendemain aucune trace de gaz n'est détectée ; l'établissement est ré ouvert au service extérieur et le propriétaire fait appel à une société spécialisée pour prendre en charge et évacuer des matières dangereuses. De plus, le sol devra être débarrassé de son fort potentiel calorifique (carton, bac plastique, film plastique).

N°28643 - 28/11/2004 - FRANCE - 35 - VITRE

C10.52 - Fabrication de glaces et sorbets

Dans une entreprise de surgelés située à quelques centaines de mètres des lotissements du centre-ville, un feu se déclare vers 19 h sur l'un des 8 compresseurs implantés dans un local de 15 x 17 m (250 m²) abritant les installations de réfrigération de l'établissement, 11 000 l d'ammoniac et 400 l d'huile hydraulique. L'abondante fumée émise présente une forte odeur résultant d'une fuite évaluée à 100 l d'ammoniac liquide sur une canalisation en hauteur soumise à la chaleur (effet domino). Des techniciens de l'établissement isolent l'installation en fermant 2 vannes. Le POI de l'établissement est déclenché et un périmètre de sécurité est mis en place. Une CMIC effectue des mesures de toxicité dans et en périphérie de l'établissement (168 ppm d'NH3 mesurées à proximité du local ou en étage et odeur piquante sur la zone industrielle).

Un rideau d'eau est installé pour laver et abattre le nuage. L'incendie est combattu à l'aide d'une petite lance sur fourgon pompe alimenté à partir d'un poteau incendie situé à 200 m de l'usine et maîtrisé après 4 h d'intervention. Les locaux sont ventilés, puis le dispositif mis en place est levé à 6h15. Il n'y a pas de victime et aucune mesure de chômage technique n'est envisagée a priori. Un technicien frigoriste sous-traitant effectue un contrôle complet des installations (organes de sécurité, fonctionnement général), puis 6 compresseurs redémarrent dans les heures qui suivent. Le compresseur à l'origine de l'incendie et un second dont le circuit électrique est endommagé sont maintenus à l'arrêt. La détection incendie est également remise en état. Les installations resteront sous la surveillance de techniciens qualifiés 24h/24 h tant que la situation n'est pas redevenue normale.

N°28346 - 15/10/2004 - FRANCE - 24 - BERGERAC

ZZZ - Origine inconnue

Une personne détecte une forte odeur d'ammoniac et prévient les secours. L'incident fait suite au relâchement d'une soupape de surpression. L'alimentation en ammoniac est coupée.

N°28134 - 27/09/2004 - FRANCE - 67 - HOERDT

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Une fuite de 300 kg d'ammoniac (NH3) de réfrigération se produit sur la vanne de purge d'huile manuelle d'un ballon BP dans une laiterie ; 13 personnes sont incommodées, dont 3 sont hospitalisées. Les secours ventilent les lieux et identifient la fuite. Le dispositif d'alarme a convenablement fonctionné avec détection précoce, lancement de l'extraction forcée, arrêt de l'alimentation électrique et enclenchement des vannes de sectionnement. L'installation contenant 1,5 t d'NH3 avait été mise aux normes en 2002.

N°28064 - 19/09/2004 - FRANCE - 29 - TREGUNC

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

Une fuite d'ammoniac (NH3) est observée vers 22h40 dans un atelier de transformation de viandes de volaille. La préfecture déclenche le plan rouge par mesure de précaution. Dans une zone pavillonnaire proche, 62 personnes sont confinées à leur domicile. Les secours interviennent avec d'importants moyens et sous ARI. Vers 1h, une CMIC effectue des mesures indiquant une concentration à l'entrée du site de 133 ppm d'NH3. Vers 1h30, à l'intérieur du site et à l'extérieur de la réserve, 700 ppm d'NH3 sont mesurés. Vers 2h20, une deuxième CMIC arrive, avec pour mission une série de mesures dans l'établissement. La fuite est localisée sur un réservoir de 150 l dans les installations de réfrigération de l'établissement. L'intervention d'un frigoriste est demandée. A 3h15, le réseau de mesures mis en place indique 276 ppm d'NH3 sur le site, 78 ppm à l'extérieur et 0 ppm vers les habitations. Vers 4h10, le technicien frigoriste isole le réseau de réfrigération. Les locaux sont ventilés. Les dernières analyses ont lieu à 6 h avant l'arrivée des employés, les concentrations sont de 8 à 75 ppm dans les divers locaux de l'usine. Le responsable avisé, prend les dispositions nécessaires envers son personnel. L'intervention s'achève à 7 h. Les vents tournoyants ayant dispersé le nuage toxique, aucune personne n'a été incommodée.

N°27816 - 30/08/2004 - FRANCE - 64 - LONS

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Une fuite d'ammoniac se déclare au niveau des installations de réfrigération d'un abattoir. Les 40 employés évacués sont en chômage technique.

N°27597 - 21/07/2004 - FRANCE - 79 -

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

Une fuite d'ammoniac se produit lors du démontage d'un moteur d'une installation de réfrigération dans une usine de production de viandes de volailles. Les mesures effectuées révèlent un taux de 6 ppm. L'usine ventile les locaux et poursuit son activité.

N°27791 - 19/08/2004 - FRANCE - 87 - LIMOGES

C29.10 - Construction de véhicules automobiles

Une légère fuite d'ammoniac (NH3) se produit vers 6 h sur le robinet de l'une des 3 bouteilles d'un rack renversé dans la cour d'une usine de construction automobile. L'atelier voisin est évacué et 3 employés sont légèrement incommodés. L'un d'entre eux est hospitalisé pour des examens complémentaires. Des concentrations entre 5 et 15 ppm de NH3 sont mesurées dans

l'établissement. Les pompiers maîtrisent la fuite par serrage du presse-étoupe du robinet. Le fournisseur du rack récupère la bouteille dans la matinée.

N°27595 - 20/07/2004 - FRANCE - 84 - LA TOUR-D'AIGUES

G46.31 - Commerce de gros de fruits et légumes

Lors d'un appoint d'huile sur le compresseur d'une installation de réfrigération vers 7h30, le clapet d'une vanne sort de son logement et entraîne une fuite de 200 l (140 kg) d'ammoniac (NH3). L'exploitant alerte les secours pendant qu'un technicien isole la fuite qui sera finalement maîtrisée vers 11 h. Un périmètre de sécurité est mis en place durant l'intervention des secours. Le technicien intoxiqué hospitalisé par précaution. La teneur en NH3 a atteint 600 ppm dans le local technique avant de redescendre à 2 ppm vers 11 h. L'installation était exploitée sans autorisation. L'inspection constate les faits et demande une expertise complète des installations.

N°27326 - 15/06/2004 - FRANCE - 57 - METZ

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Dans une usine de fabrication de viande, une fuite d'ammoniac liquide sur l'une des tuyauteries d'une installation de réfrigération est stoppée en fermant 2 vannes. Les pompiers ventilent les locaux. Les 40 employés sont évacués durant l'intervention des secours, mais 4 d'entre eux seront cependant légèrement incommodés. Un contrôle sanitaire des denrées est réalisé. La conduite est réparée dans la soirée, puis remise en pression.

N°27168 - 27/05/2004 - FRANCE - 62 - HENIN-BEAUMONT

C10.13 - Préparation de produits à base de viande

Une pompe de distribution d'huile explose dans une chaufferie d'une usine de préparation de produits à base de viandes, entraînant un incendie suivi d'un important dégagement de fumée. Les pompiers empêchent la propagation du sinistre à des cuves d'ammoniac et 2 cuves d'azote situées à proximité. Un pompier est légèrement blessé au cours de l'intervention. Aucune information n'est donnée quant aux risques éventuels d'extension du sinistre aux installations de réfrigération du site.

N°27562 - 30/03/2004 - FRANCE - 21 - BRAZEY-EN-PLAINE

C11.06 - Fabrication de malt

Lors de la maintenance d'une batterie de réfrigération des germoirs d'une malterie, de l'eau ammoniacale se déverse dans la BIÊTRE via le réseau des eaux pluviales. La faune est faiblement atteinte, seuls quelques poissons sont tués.

L'intervention nécessite de purger préalablement l'ammoniac (NH3) contenu dans l'installation, la vanne de la batterie est ensuite connectée à un tuyau souple qui plonge dans un bac continuellement alimenté en eau froide. L'effluent qui déborde du bac se déverse dans le réseau des eaux usées traitées par la station d'épuration de l'usine. Le jour de l'accident, le tuyau d'alimentation en eau mal fixé sort du bac ; un employé s'en aperçoit après un certain temps et le replace dans le bac. L'augmentation brutale du débit d'eau provoque un débordement de la solution ammoniacale contenu dans le bac lui-même disposé près d'un regard relié au réseau d'évacuation des eaux pluviales et non d'un regard raccordé à la station d'épuration. Conscient des risques liés à la présence d'NH3 dans l'usine, l'exploitant décide de modifier ses installations de réfrigération en supprimant l'ammoniac au profit d'un autre frigorigène.

N°26143 - 06/01/2004 - FRANCE - 51 - VITRY-LE-FRANCOIS

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

A partir de 11h55, 100 à 200 kg d'ammoniac (NH3) s'échappent en 2 h des installations de réfrigération en rénovation d'un abattoir. Pour réduire de 4 300 kg à 125 kg la quantité d'NH3 mise en oeuvre sur son site, l'exploitant a décidé d'installer un circuit frigorigène à circulation d'eau glycolée. La société spécialisée qui doit modifier l'unité fait elle-même appel à un sous-traitant pour poser les nouvelles canalisations du circuit eau glycolée. Le jour de l'accident et bien qu'il n'ait pas à intervenir sur les réseaux existants, un employé de ce sous-traitant qui souhaite rendre plus aisée la pose d'une nouvelle tuyauterie, décide de sectionner une canalisation qu'il pense être hors service ; celle-ci était en fait connectée au circuit froid de l'atelier de découpe de l'établissement. Les pompiers sont alertés et les 200 employés du site sont évacués, l'un d'entre eux étant hospitalisé 72 h à la suite d'un malaise respiratoire. Le personnel de maintenance en tenue étanche parvient à arrêter les compresseurs et à fermer les vannes de distribution ; l'un des opérateurs légèrement brûlé au front au-dessus de son masque lors de l'intervention pourra cependant reprendre son travail le lendemain. La quantité d'NH3 perdue correspond au volume de frigorigène contenu dans la canalisation sectionnée. Les pompiers ont installé un rideau d'eau pour limiter la diffusion du nuage d'NH3 et aéré les lieux par ventilation mécanique puis naturelle. A la suite de l'intervention, 609 mg/l d'azote ammoniacal sont rejetés dans les eaux usées traitées par la station d'épuration communale.

N°26146 - 18/12/2003 - FRANCE - 38 - JARRIE

C20.11 - Fabrication de gaz industriels

Une fuite de 1 t d'ammoniac (NH3) de réfrigération gazeux a lieu à 10h15 sur un site de production d'azote pour alimenter une plate-forme chimique. Le corps d'une vanne en fonte, d'origine (1978), s'est rompu au refoulement (50 mm) d'un compresseur démarré 2 h plus tôt après une journée d'arrêt pour réguler la production. L'installation se met en sécurité (explosimètres), un clapet antiretour défaillant en aval des compresseurs conduit cependant un opérateur à intervenir 10 min en ARI mais avec une bonne visibilité (ventilation + porte ouverte par le flash adiabatique). Le POI est déclenché, 3 agents sur les lieux resteront 1 h en observation à l'infirmerie. Le nuage d'NH3 qui a dérivé vers une zone inhabitée, ne semble pas avoir été perçu hors du site. Lors d'une maintenance préventive en avril 2003, le constructeur avait changé les presse-étoupes des vannes et recommandé de les remplacer en raison de leur état. Un caisson étanche, réparation qualifiée de provisoire, avait ensuite été installé par une société spécialisée en octobre sur l'une des vannes qui fuyait. Un arrêté d'urgence conditionne le redémarrage des installations à la remise d'un rapport sur les circonstances de l'accident avec propositions techniques / organisationnelles pour en diminuer la probabilité de renouvellement. Des dispositions sont prises les jours suivants : remplacement préventif d'une vanne du même type par une vanne en acier sur un 2ème compresseur, installation de 2 clapets antiretour à l'entrée du réservoir d'NH3 et de l'échangeur thermique, surveillance humaine renforcée dans l'attente de modifications techniques pour un sectionnement plus rapide des installations en cas de fuite, présence permanente de rideaux et/ou lances à eau pour abattre un éventuel nuage toxique, rédaction d'une procédure garantissant un bon niveau de sécurité lors des appoints d'NH3 et du redémarrage des installations, ainsi que de documents spécifiques pour enregistrer les dysfonctionnements pouvant apparaître lors de ces redémarrages. Des vannes de sécurité automatiques avec arrêt d'urgence sur détection de fuite sont installées dans le mois qui suit, ainsi que des groupes frigorifiques provisoires utilisant un frigorigène de type HFC. Toutes ces modifications respectent le manuel interne de gestion de la sécurité et l'étude de dangers à actualiser dans les 2 mois prendra en compte tous ces éléments. Fin janvier, l'exploitant remplace l'ammoniac par un frigorigène de type Forane.

N°25926 - 20/11/2003 - FRANCE - 13 - BERRE-L'ETANG

P85.59 - Enseignements divers

Dans un établissement de formation professionnelle pour adultes, une manipulation accidentelle d'une très faible quantité de produit chimique provoque l'émission de vapeurs d'ammoniac. Les pompiers se rendent sur les lieux. 30 personnes sont évacuées et 8 hospitalisées pour examens médicaux.

N°25926 - 20/11/2003 - FRANCE - 13 - BERRE-L'ETANG

P85.59 - Enseignements divers

Dans un établissement de formation professionnelle pour adultes, une manipulation accidentelle d'une très faible quantité de produit chimique provoque l'émission de vapeurs d'ammoniac. Les pompiers se rendent sur les lieux. 30 personnes sont évacuées et 8 hospitalisées pour examens médicaux.

N°25318 - 11/08/2003 - FRANCE - 49 - CHOLET

C10.13 - Préparation de produits à base de viande

Dans une usine de préparation de produits à base de viande, une fuite d'ammoniac (NH3) de réfrigération a lieu à 19h10 dans un bâtiment isolé et étanche de 150 m² constituant la salle des machines desservant la partie ateliers de transformation de l'établissement. Toutes les sécurités fonctionnent correctement et les installations s'arrêtent automatiquement. Les pompiers, le responsable du service travaux du site et l'entreprise frigoriste chargée de la maintenance des équipements interviennent entre 19h15 et 19h20. Une équipe médicale examine le gardien de l'établissement incommodé par le gaz toxique. Des mesures réalisées à l'entrée du site donnent alors une concentration de 8 ppm d'NH3 dans l'air. La situation redeviendra normale vers 21 h, l'installation réparée redémarre vers 22 h. L'incident serait dû à une surchauffe du compresseur de froid liée à sa vétusté (30 ans) et/ou aux fortes chaleurs estivales entraînant la rupture du dispositif d'accouplement moteur / compresseur protégé par un carter en tôle. L'ouverture de la vanne de sécurité protégeant le compresseur est à l'origine de l'émission d'NH3 gazeux qui s'est ensuite répandu dans l'atmosphère par une tuyère d'évacuation tandis que les machines s'arrêtaient.

N°25864 - 11/08/2003 - FRANCE - 84 - SORGUES

H52.10 - Entreposage et stockage

Une fuite d'ammoniac se déclare la nuit, sur les installations de réfrigération d'un établissement de conditionnement et de distribution de produits alimentaires congelés. La fuite est détectée olfactivement par les employés du site lors de leur prise de poste. L'intervention de la société de maintenance permet de localiser puis d'isoler la fuite : elle se situe sur une canalisation calorifugée extérieure transportant de l'ammoniac. Une corrosion sur plusieurs mètres de longueur est à l'origine de la fuite estimée entre 0,5 et 1 l/h. Les investigations menées ont montré l'absence de bande grasse assurant une protection efficace contre la corrosion sur plusieurs mètres de la canalisation. Cette négligence lors de la pose de la conduite, 11 ans plus tôt, est à l'origine de l'incident. Ses conséquences sont limitées, le débit de fuite de 'ammoniac est resté faible et s'est dispersé sans flash. A la demande de l'Inspection, l'exploitant doit, dans un délai d'un mois : analyser les causes de la défaillance à l'origine de l'incident et faire l'expertise de la canalisation en cause, contrôler l'ensemble des canalisations calorifugées du site transportant de l'ammoniac, prendre toute mesure pour diminuer la probabilité de renouvellement d'un tel incident, engager une réflexion sur l'utilisation de l'ammoniac dans les installations frigorifiques et la réduction des risques inhérents à ce produit.

N°26450 - 27/06/2003 - FRANCE - 84 - SORGUES

A01.61 - Activités de soutien aux cultures

Une fuite d'ammoniac (NH3) se produit sur un circuit de réfrigération dans une conserverie de salades. Après détection d'odeur, le personnel est évacué et 5 employés sont hospitalisés. Le tuyau défectueux est dégazé puis mis hors service et remplacé. Une expertise sera réalisée sur ce dernier. Dans une 2ème phase, le réseau d'NH3 a subi 2 examens : thermographie par infrarouge de toutes les tuyauterie et gammagraphie des raccordements de tuyaux. Les

secteurs douteux révélés par la thermographie sont traités. Sur le long terme, l'NH3 sera remplacé par un réseau d'eau glycolée.
En parallèle, des exercices d'évacuation sont organisés avec remise à niveau des procédures d'évacuation.

N°24116 - 25/02/2003 - FRANCE - 29 - QUIMPER
C10.7 - Fabrication de produits de boulangerie-pâtisserie et de pâtes alimentaires
Une fuite d'ammoniac se produit sur une citerne de 1 500 l dans une usine agroalimentaire. La police filtre les employés qui devaient reprendre leur travail vers 5 h à la suite du dépassement du seuil de toxicité. L'établissement est ventilé.
L'activité de l'usine est suspendue jusqu'à localisation et réparation de la fuite.

N°23035 - 07/09/2002 - FRANCE - 42 - SAVIGNEUX
C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage
Dans une laiterie fermée pour le week-end, une fuite a lieu à 14h36 sur une unité de réfrigération contenant 1 455 kg d'ammoniac (NH3) abritée dans un local semi-confiné et équipé d'un dispositif d'extraction. Prévenu par un dispositif de télésurveillance, le responsable maintenance du site arrête l'installation et déclenche la procédure d'alerte. Les pompiers appelés à 14h50 arrivent sur les lieux 10 mn plus tard. Simultanément, un motard circulant sur la route départementale voisine est incommodé et se rend directement à l'hôpital. D'importants moyens de secours sont mobilisés. Une CMIC effectue des prélèvements ; les concentrations d'NH3 mesurées dans l'air sont supérieures au seuil des appareils (plus de 150 ppm d'NH3 / Seuil olfactif de 5 ppm). Un périmètre de sécurité est établi vers 15h30 et une départementale située à moins de 10 m des installations est coupée. Lors d'une reconnaissance en tenue étanche et sous ARI, les secours pensent avoir localisé la fuite d'NH3 sur le serpentin de refroidissement du bac à eau glacée maintenant le lait à basse température. Un pompier est légèrement brûlé au cou lors de l'intervention. L'exploitant communique les plans des locaux et des installations accidentées, mais de nombreux conciliabules entre techniciens et pompiers sont encore nécessaires lors de l'intervention réalisée pour mettre les installations en sécurité. Passant à chacun de leur déplacement dans une cellule de décontamination où ils sont abondamment arrosés pour enlever toute trace d'NH3, les pompiers parviennent à isoler la cuve à 18 h après avoir fermé de nombreuses vannes. Les locaux sont ventilés et le périmètre de sécurité est levé à 19h30. Des prélèvements et analyses seront également réalisés en fin de journée dans la station d'épuration locale, une fuite d'eau s'étant produite dans l'après-midi risquant éventuellement d'être en partie polluée au contact de l'NH3. Un examen détaillé des installations ne confirmant pas le perçage d'une herse, l'Inspection des installations classées demande l'intervention d'un tiers expert ; son rapport transmis 48 h plus tard conclut à l'ouverture d'une soupape sur une bouteille basse pression. La soupape défaillante est isolée (soupape double) et l'installation est remise en service
le 9 septembre à 16 h. Les 2 soupapes sont remplacées. La fuite d'NH3 a été évaluée à 700 kg.

N°22821 - 07/08/2002 - FRANCE - 971 -
H52.10 - Entreposage et stockage
Une fuite de 2 à 3 l d'ammoniac de réfrigération (sur 3 500 kg) a lieu dans un établissement important et distribuant en gros des aliments congelés et surgelés. Le circuit basse pression (1 t NH3, -32°C sous 1 bar abs.) impliqué qui alimente les évaporateurs des chambres froides négatives (-25 °C inférieur à T inférieur à -20 °C), comprend un réservoir BP de 6 000 l (1 t d'NH3) et un compresseur. La sortie BP dispose de 2 lignes de soutirage du ballon BP alimentant chacune une pompe. Les 2 pompes sont raccordées au réseau d'alimentation des évaporateurs par une canalisation unique. Un filtre isolable par 2 vannes papillons installé dans

la salle des machines protège les évaporateurs et dispositifs de commande d'éventuels corps étrangers. La fuite a lieu alors qu'un artisan frigoriste sous-traitant veut changer le couvercle supérieur du filtre ; il en ferme les vannes d'isolement, effectue une purge (tuyau de purge retrouvé plongeant dans un bac plastique contenant une eau ammoniacale), retire enfin le couvercle du filtre et reçoit un jet d'NH3 liquide. Brûlé au visage, au bras et au thorax, le frigoriste parvient à atteindre la douche de sécurité implantée dans le local. La détection NH3 qui se déclenche (seuil haut) vers 9h25, provoque le démarrage du ventilateur d'extraction, l'arrêt de l'alimentation électrique de l'installation NH3, une alarme sonore sur le site avec transmission à la société de gardiennage. L'un des responsables de l'entrepôt prévient alors le fils de l'artisan également frigoriste travaillant sur le site. Ne pouvant être sur les lieux que 10 mn plus tard au moins, ce dernier retrouvera le corps de son père dans la salle des machines. Une expertise met en évidence une rupture de la tige de maintien central, par l'intermédiaire de 2 ressorts, des flasques supérieure et inférieure du filtre. Un scénario est avancé pour expliquer l'accident : purge incomplète du filtre et/ou mauvaise fermeture de la vanne côté évaporateurs, rupture vraisemblablement préexistante de la tige du filtre, brutale détente des ressorts éventuellement favorisée par la montée en pression de l'NH3 encore présent dans le filtre, projection d'une quantité d'NH3 suffisantes pour brûler et asphyxier la victime, seule et sans masque dans la salle des machines. Au déclenchement de l'alarme, aucun des responsables et employés n'a eu le réflexe d'aller vérifier la présence ou non d'une victime dans la salle des machines, ni de prévenir les pompiers qui arriveront après le fils de la victime.

N°23622 - 29/09/2002 - FRANCE - 40 - LABENNE

C10.39 - Autre transformation et conservation de fruits et légumes

Dans une usine agroalimentaire, une fuite d'ammoniac (NH3) se produit sur la batterie de froid avec échangeur NH3-air d'un tunnel de surgélation de légumes. Un frigoriste détecte une odeur d'NH3 dans le tunnel en vérifiant la bonne fermeture de cette batterie lors du dégivrage des installations de réfrigération. La batterie est immédiatement isolée et le personnel de l'usine est évacué. Selon l'exploitant, la quantité d'ammoniac émise à l'atmosphère est évaluée à 500 kg (quantité rechargée après remise en état de l'unité). Cette installation alimentée en NH3 depuis une ancienne salle des machines contenait à l'origine 8,5 t d'NH3. La fuite a certainement été bi-phasique (mélange liquide restant / gaz chaud), la batterie étant pratiquement vide de son NH3 liquide avant dégivrage par gaz chaud. L'accident est dû à la défaillance

d'une soudure sur l'un des fonds bombés de l'appareil. Le tunnel de surgélation ne disposait d'aucun détecteur NH3 pour des raisons techniques (basse température, violente circulation d'air). L'atelier abritant le tunnel était également dépourvu de détecteur, un capteur étant cependant implanté au-dessus du tunnel. L'usine reprend sa production 16 h plus tard après réparation des installations. Le sinistre n'a pas eu d'autre conséquence, la fabrication ayant été reportée sur une autre unité de production. Un organisme indépendant expertisera les autres batteries lors de l'arrêt hivernal des installations. L'établissement étant en cours de régularisation administrative, l'Inspection des installations classées propose que l'exploitant soit mis en demeure de respecter les dispositions de l'arrêté du 16 juillet 1997 relatif aux installations de réfrigération employant l'NH3 comme fluide frigorigène.

N°23371 - 28/09/2002 - FRANCE - 22 - SAINT-BRIEUC

H52.10 - Entreposage et stockage

Une fuite d'ammoniac (NH3) se produit le week-end vers 22h10 sur les installations de réfrigération d'un entrepôt frigorifique. Un périmètre de sécurité de 200 m est établi et la population se confine. Le personnel technique de l'entreprise stoppe la fuite. L'accident est dû à l'ouverture intempestive d'une soupape de sécurité installée sur un réservoir de la salle des machines principale et dont l'orifice de rejet est collecté et reporté en toiture. La soupape fait

partie d'un dispositif limiteur de pression constitué de 2 soupapes montées en parallèle sur un robinet inverseur par vanne 3 voies.
La soupape tarée à 16,5 bars s'est ouverte sans raison apparente, les enregistrements de pression indiquant une pression normale de fonctionnement de l'installation lors de l'incident (12 bars). Cette soupape qui faisait l'objet de contrôles et de vérifications réguliers, avait notamment été remplacée en 1998 ; située dans la salle des machines elle est donc protégée d'une éventuelle dégradation liée aux intempéries. Le rejet d'NH3 a été détecté par des capteurs situés dans les combles sous la toiture. Une alarme s'est déclenchée lorsque le 2ème seuil (4 000 ppm) a été atteint, provoquant la mise en sécurité par arrêt total de l'installation et alertant un technicien d'astreinte par transmission téléphonique ; ce dernier est sur place 15 mn plus tard. Les pompiers prévenus par le voisinage (odeur) sont sur les lieux à 22h45, suivis 5 mn plus tard du responsable technique et du directeur de l'établissement. La soupape défectueuse est remplacée durant la nuit et les installations redémarrent le dimanche matin sous surveillance renforcée. La quantité d'NH3 rejetée en hauteur (8,5 m) et sous forme vapeur est évaluée à quelques kilogrammes ; celle-ci ne nécessite pas d'appoint de frigorigène dans l'installation. Aucun dommage notable sur l'environnement n'est observé. Une réflexion interne est engagée : collecte des rejets avec détection et neutralisation, remplacement complet des soupapes en changeant si nécessaire le type de ces équipements... L'exploitant note que la chaîne de transmission d'alarme a bien fonctionné et que la collaboration entre les employés et les pompiers a été efficace, notamment en raison des exercices communs réguliers effectués par le passé.

N°23035 - 07/09/2002 - FRANCE - 42 - SAVIGNEUX
C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage
Dans une laiterie fermée pour le week-end, une fuite a lieu à 14h36 sur une unité de réfrigération contenant 1 455 kg d'ammoniac (NH3) abritée dans un local semi-confiné et équipé d'un dispositif d'extraction. Prévenu par un dispositif de télésurveillance, le responsable maintenance du site arrête l'installation et déclenche la procédure d'alerte. Les pompiers appelés à 14h50 arrivent sur les lieux 10 mn plus tard. Simultanément, un motard circulant sur la route départementale voisine est incommodé et se rend directement à l'hôpital. D'importants moyens de secours sont mobilisés. Une CMIC effectue des prélèvements ; les concentrations d'NH3 mesurées dans l'air sont supérieures au seuil des appareils (plus de 150 ppm d'NH3 / Seuil olfactif de 5 ppm). Un périmètre de sécurité est établi vers 15h30 et une départementale située à moins de 10 m des installations est coupée. Lors d'une reconnaissance en tenue étanche et sous ARI, les secours pensent avoir localisé la fuite d'NH3 sur le serpentin de refroidissement du bac à eau glacée maintenant le lait à basse température. Un pompier est légèrement brûlé au cou lors de l'intervention. L'exploitant communique les plans des locaux et des installations accidentées, mais de nombreux conciliabules entre techniciens et pompiers sont encore nécessaires lors de l'intervention réalisée pour mettre les installations en sécurité. Passant à chacun de leur déplacement dans une cellule de décontamination où ils sont abondamment arrosés pour enlever toute trace d'NH3, les pompiers parviennent à isoler la cuve à 18 h après avoir fermé de nombreuses vannes. Les locaux sont ventilés et le périmètre de sécurité est levé à 19h30. Des prélèvements et analyses seront également réalisés en fin de journée dans la station d'épuration locale, une fuite d'eau s'étant produite dans l'après-midi risquant éventuellement d'être en partie polluée au contact de l'NH3. Un examen détaillé des installations ne confirmant pas le perçage d'une herse, l'Inspection des installations classées demande l'intervention d'un tiers expert ; son rapport transmis 48 h plus tard conclut à l'ouverture d'une soupape sur une bouteille basse pression. La soupape défaillante est isolée (soupape double) et l'installation est remise en service le 9 septembre à 16 h. Les 2 soupapes sont remplacées. La fuite d'NH3 a été évaluée à 700 kg.

N°22798 - 31/07/2002 - FRANCE - 49 - LE LION-D'ANGERS

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Une fuite d'ammoniac se produit à 3 h du matin sur les installations de réfrigération d'un abattoir. L'exploitant parvient à arrêter cette fuite avant l'arrivée des premiers employés à 5 h ; le travail reprenant à 8 h, certains d'entre eux sont cependant victimes de malaises 1 h plus tard. Les pompiers sont alertés, 15 personnes souffrent d'irritations et de maux de tête dont 3 sont hospitalisées par précaution (toutes regagneront leur domicile à 14 h). Deux ateliers de découpe (300 m² / 120 personnes) contigus au lieu de la fuite suspendent leur activité, puis l'ensemble de l'usine est évacué ; 600 employés sont en chômage technique durant 1 h jusqu'à ce que l'établissement reprenne ses activités à 13 h.

N°22743 - 21/07/2002 - FRANCE - 61 - BRIOUZE

H52.10 - Entreposage et stockage

Une fuite de 100 kg d'ammoniac se produit sur les installations de réfrigération d'un entrepôt de viande ; 800 des 1 200 t de marchandises stockées sont contaminées. Les pompiers colmatent la fuite et ventilent les locaux.

N°23518 - 16/06/2002 - FRANCE - 56 - BIGNAN

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

Un dimanche à 8h30 dans l'une des 5 salles des machines d'un abattoir de volailles, un agent de maintenance détecte une fuite d'ammoniac de réfrigération sur le raccord d'une soupape de sûreté du collecteur haute pression (HP) à l'entrée du condenseur de la salle des machines 3 et 4. L'agent équipé d'un ARI met en sécurité l'unité n° 3 (3,52 t d'NH3) : arrêt des compresseurs, coupure de l'alimentation électrique, isolement de l'arrivée HP au condenseur, renvoi de l'NH3 liquide vers la bouteille moyenne pression (MP) en plaçant les flotteurs en position manuelle. Après passage du liquide du condenseur vers la bouteille MP, il referme et isole les flotteurs. La fuite maîtrisée, la conduite est réparée en 2 h en présence d'un 2ème agent (soudure du manchon défectueux à proximité d'une bouteille BP) et l'installation est remise en service : ouverture de la vanne d'arrivée au condenseur, étanchéité de la soudure vérifiée, purge d'air du condenseur, mise en service des flotteurs (position auto) et remise sous tension de l'installation. Un violent choc au redémarrage de l'un des compresseurs provoque alors une nouvelle fuite sur son bâti. L'unité est de nouveau arrêtée et un agent en ARI isole le compresseur (HP, MP et BP). Des dommages sont notés sur le compresseur dont le bloc est perforé et l'isolation électrique est activée. Pour redémarrer l'installation, l'opérateur réarme la sécurité de détection NH3, effectue un appoint de 200 kg de frigorigène, vérifie le bon fonctionnement du groupe froid et quitte les lieux. Aucun service de secours n'est prévenu. Alertée le lendemain par le CHSCT du site, l'Inspection des installations classées constate les faits en présence du SDIS et note la persistance d'une forte odeur d'NH3 dans et autour des bâtiments. Les locaux sont évacués et aérés.

Le site ne reprend ses activités que le lendemain. Une enquête de voisinage révèle que de fortes odeurs ont également été perçues vers les habitations les plus proches situées à 90 m. L'accident aurait pu avoir des conséquences plus graves s'il avait eu lieu un jour d'activité normale. Selon l'exploitant, la rupture du manchon résulte d'une faiblesse du métal due à un serrage excessif de la soupape et un coup de bélier explique la rupture du compresseur. Les automatismes de démarrage et d'arrêt sont modifiés pour éviter les montées en pression des installations. Le détecteur de niveau de la bouteille est remplacé pour prévenir un éventuel blocage mécanique.

N°21432 - 19/11/2001 - FRANCE - 39 - LONS-LE-SAUNIER

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Dans une laiterie fromagerie, une fuite résiduelle d'ammoniac de réfrigération se produit sur une canalisation en cours de démontage.

N°21034 - 29/08/2001 - FRANCE - 86 - SAINT-SAVIOL

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Dans une fromagerie, une fuite d'ammoniac a lieu le matin dans un bâtiment de 4 000 m² (50x20x4 m) abritant une production d'eau glacée de 0,4 Mfg/h avec 3 circuits de réfrigération indépendants de 1 t d'NH3 chacun, connectés à un bac à eau glacée, l'eau se refroidissant en circuit ouvert au contact des tuyauteries d'NH3 à - 10 °C. Chaque circuit comprend un compresseur, un condenseur multitubulaire, des bouteilles tampon et le bac à glace faisant office d'évaporateur (herse). Un soudeur sous-traitant intervenait sur le circuit de refroidissement d'un condenseur dont la bride de fixation boulonnée de la calotte d'extrémité de virole était érodée. De l'eau fuit depuis 2 jours et l'exploitant a décidé de réparer la partie oxydée par soudage localisé. L'installation a été vidée la veille et le serpentin d'eau du condenseur a été vidangé par le responsable d'entretien. Le lendemain, le soudeur trouve la pièce à réparer humide et demande à un mécanicien du site de finir la vidange du circuit d'eau. L'employé, mal informé et pensant qu'il permet d'effectuer cette opération, débloque le bouchon de purge sous le condenseur d'NH3 puis demande au soudeur d'effectuer la vidange : 100 kg d'NH3 liquide s'échappent, 65 kg formant une flaque sur le sol et 35 kg sous forme de vapeur et d'aérosol. Pilotée par un niveau avec flotteur intégré, la vanne aval de détente permettant le transfert de l'NH3 du condenseur vers les bouteilles tampon et l'évaporateur en fonction du contenu du condenseur se ferme normalement, mais en amont le compresseur n'est pas étanche : 500 kg d'NH3 gazeux sont émis durant 4h30. Un nuage toxique dérive sur le site et ses environs quelques minutes, le vent favorable l'éloignant de l'habitat restreint autour du site. La gendarmerie intervient, ainsi que 35 pompiers dont une CMIC et une cellule de dépollution. Une route proche est coupée, les 2 employés sont hospitalisés par précaution et les 50 autres employés sont évacués. Des ventilateurs sont installés pour extraire l'NH3 piégé en forte concentration dans le bâtiment. L'usine reprend ses activités 2h45 plus tard. L'opérateur avait une connaissance insuffisante des circuits et les travaux ont été mal préparés. Les installations n'étaient pas équipées conformément à la règlementation pour limiter la quantité d'NH3 émise. L'administration constate les faits et prend un arrêté de mise en demeure. L'installation est remplacée (1 Mfg/h avec 90 kg d'NH3 seulement, investissement de 210 k.Euros).

N°21531 - 20/02/2001 - FRANCE - 44 - ANCENIS

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Une fuite d'ammoniac de réfrigération se produit sur le circuit d'eau glacée d'une laiterie. L'Inspection des installations classées demande une mise en conformité des installations.

N°20751 - 17/07/2001 - FRANCE - 62 - HARNES

C10.31 - Transformation et conservation de pommes de terre

Dans une entreprise agro-alimentaire, une fuite comprise selon l'exploitant entre 1 et 20 l d'ammoniac gazeux sous pression atmosphérique se produit alors qu'un opérateur remplace une tête de vanne dans le cadre de la maintenance d'une installation de réfrigération. Le circuit comportant la vanne a été vidangé par mise sous vide du circuit amont et retrait d'un manomètre, la fuite a lieu lors du démontage. L'employé se rend compte que la vanne n'est en fait qu'une vanne clapet et que la canalisation n'a été que partiellement vidangée, le circuit aval étant encore sous pression.

L'employé tente de refermer la tête de vanne puis, le joint fuyant, met sous vide le circuit aval pour le vidanger. Deux personnes intoxiquées sont hospitalisées et l'usine est évacuée durant 2 h. L'accident est dû soit à une erreur humaine ou à un manque d'information (opérateur), soit à un défaut ou une erreur de consigne ou de signalisation. Par ailleurs, les procédures

d'alerte n'ont pas été respectées : appel direct des pompiers sans passer par le service de sécurité interne.
L'exploitant doit réaliser une analyse détaillée de l'accident : déroulement, examen des procédures de maintenance et de sécurité lors d'intervention sur le réseau NH3.

N°21905 - 25/01/2001 - FRANCE - 59 - SAINT-AMAND-LES-EAUX
C10.13 - Préparation de produits à base de viande
Un feu se déclare dans une charcuterie industrielle. Des rejets d'ammoniac de réfrigération étant redoutés, d'importants moyens humains et matériels interviennent (10 casernes, 80 pompiers, 14 véhicules, CMIC, 1 hélicoptère...). Aucune fuite d'NH3 ne sera finalement observée, la progression des secours sur les lieux du sinistre sera entravée par l'épaisse fumée blanche émise lors du sinistre.

N°19425 - 15/12/2000 - FRANCE - 79 - BRESSUIRE
C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie
Dans un abattoir, un violent incendie ravage une salle contenant des installations électriques. D'importants moyens d'intervention dont une CMIC sont mobilisés durant une matinée. Les installations de réfrigération utilisant de l'ammoniac ne seront pas atteintes. Les fumées qui ont gêné les secours, se sont répandues en quelques minutes dans l'établissement, rendant 250 carcasses impropres à la consommation. Des travaux effectués sur d'anciennes chaudières dans un bâtiment appartenant à une autre société seraient à l'origine du sinistre. Le feu s'est propagé rapidement jusque dans les sous-sols de l'abattoir par les gaines électriques et le revêtement des murs.
Huit jours seront nécessaires pour décontaminer les locaux et remettre en état les installations électriques ; des mesures de chômage technique sont redoutées (70 salariés). Le procureur de la république demande l'intervention d'un expert pour déterminer l'origine et les circonstances exactes du sinistre.

N°19066 - 26/10/2000 - FRANCE - 51 - DORMANS
C10.52 - Fabrication de glaces et sorbets
Dans une usine fabriquant des glaces et des sorbets, une légère fuite en phase gazeuse se produit sur un réservoir de 44 kg d'ammoniac comprimé alimentant un circuit de réfrigération. Les pompiers isolent le circuit (tuyaux de 2 cm de diamètre) et ventilent les locaux. Une entreprise spécialisée contrôle les installations.

N°18964 - 15/10/2000 - FRANCE - 87 - FEYTIAT
C10.13 - Préparation de produits à base de viande
Les employés d'une charcuterie reprenant leur poste un dimanche à midi détectent une odeur d'ammoniac. Le responsable maintenance situe la fuite en sous-sol sur le joint métallique d'une électrovanne dans la salle abritant les unités de réfrigération contenant 9 t d'NH3. Le gaz toxique s'est répandu dans le bâtiment. Le personnel est évacué, la vanne est isolée et démontée, les locaux sont ventilés. La fuite limitée (aucun appoint d'ammoniac dans l'unité n'est nécessaire) est rapidement maîtrisée et les secours sont alertés par précaution. Des médecins pompiers examinent 38 employés incommodés, 4 sont hospitalisés par sécurité. Le joint en aluminium ne présente aucun défaut visible. Les joints de toutes les vannes identiques sont resserrés. Un gardien est présent mais aucune astreinte n'est prévue en cas d'accident. Il n'y a pas de détecteur d'NH3 dans la salle des machines. Les installations devant être modifiées (réfrigération indirecte à l'eau glycolée), une étude des dangers est réalisée.

N°18586 - 31/08/2000 - FRANCE - 67 - ILLKIRCH-GRAFFENSTADEN
C10.13 - Préparation de produits à base de viande

Sur un site fabriquant des produits à base de viande, une fuite de 100 kg d'ammoniac a lieu lors de la purge des circuits huile des compresseurs de réfrigération. L'employé qui a préalablement coupé les alarmes et les protections associées aux détecteurs d'ammoniac dans la salle des machines, note quelques minutes plus tard un arrêt sur déclenchement haute pression des compresseurs et une odeur d'NH3. L'unité est immédiatement arrêtée. La fuite, localisée 20 min plus tard sur la soupape du réservoir phase liquide restée anormalement ouverte après son déclenchement, est stoppée par basculement sur la soupape de secours. Un nuage d'NH3 qui s'échappe du collecteur de soupapes à 7 m de hauteur à l'extérieur, incommode légèrement des tiers dans une salle située à 125 m. Les pompiers et la police sont alertés. Une vanne bloquée en position fermée, à l'origine de la surpression, est remplacée entre le réservoir en phase liquide et l'économiseur. L'installation redémarre après ajout de 225 kg d'NH3.

N°18430 - 08/08/2000 - FRANCE - 79 - PARTHENAY

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

Un feu se déclare dans une usine de transformation de volailles. A l'arrivée des pompiers, l'incendie a déjà ravagé l'étage de l'usine où sont entreposés des cartons et des films plastiques. Les flammes se ravivent 2 h plus tard à la suite d'un appel d'air créé par un tunnel reliant les locaux de conditionnement et l'abattoir désaffecté. Jusqu'au milieu de la nuit, 95 pompiers luttent contre l'incendie. Des fuites d'ammoniac provenant des installations de réfrigération compliquent l'intervention. Des CMIC et une cellule anti-pollution sont également mobilisées. Dans la nuit, le foyer principal est maîtrisé après 9 h d'intervention. L'ammoniac encore contenu dans les réservoirs, ainsi que dans les canalisations pliées et fissurées est évacué le lendemain matin ; 1 500 m² de bâtiments et 600 t de produits finis sont détruits, une chaîne de production est sauvée, mais 63 employés sont en chômage technique.

N°19163 - 26/07/2000 - FRANCE - 29 - QUIMPERLE

H52.10 - Entreposage et stockage

En l'absence des employés, une fuite d'ammoniac se produit la nuit sur les installations de réfrigération d'un entrepôt. Des ouvriers dans un établissement voisin, gênés par une forte odeur, préviennent les pompiers et des techniciens de l'entrepôt ; ces derniers arrivent sur les lieux 1 h plus tard. L'accident a pour origine la défaillance d'un joint torique (diam. voisin de 20 mm) sur le pilote d'une vanne d'aspiration implantée sur une canalisation d'NH3 gazeux basse pression associée à une chambre froide. L'installation est mise en dépression à l'aide d'un compresseur et la zone de fuite est isolée, le joint est remplacé en 15 min. La quantité d'NH3 perdue est évaluée à moins de 1 l. Le dispositif de télésurveillance prévu pour alerter le personnel de maintenance n'a pas fonctionné, la concentration en NH3 dans l'air étant inférieure au seuil de déclenchement programmé (2 000 ppm). Un contrôle général de l'installation est réalisé avant sa remise en service.

N°19165 - 16/07/2000 - FRANCE - 35 - SERVON-SUR-VILAINE

C10.71 - Fabrication de pain et de pâtisserie fraîche

Un feu se déclare dans une boulangerie/pâtisserie industrielle. Des agents de maintenance sur site et plusieurs automobilistes circulant sur une nationale toute proche alertent les secours. L'incendie détruit un entrepôt frigorifique abritant 1 200 palettes de viennoiseries et 0,5 à 2 t d'ammoniac s'échappent à la suite de la destruction d'un évaporateur associé aux installations de réfrigération. Si les locaux voisins de la chambre froide et notamment la salle des machines de l'installation de réfrigération ne sont pas atteints, 3 canalisations de transport d'NH3 implantées sur le toit de cette salle ont plus ou moins souffert des flammes (manchons calorifugés calcinés). Les eaux d'extinction se sont déversées dans les bassins d'orage et de décantation de l'établissement. Aucune victime n'est à déplorer. Selon les pompiers et la

gendarmerie, le sinistre aurait pour origine un incident électrique sur une enseigne lumineuse implantée sur l'une des parois de l'entrepôt.

N°18294 - 14/07/2000 - FRANCE - 60 - CLERMONT

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Une fuite d'ammoniac gazeux a lieu dans le bac à eau glacée de l'unité de réfrigération d'une laiterie. Le directeur note une odeur suspecte à proximité du bac. Le responsable de la maintenance alerté découvre et isole une herse corrodée.

Un intervenant externe vérifie le lendemain l'absence de toute autre fuite. L'eau du bac a atteint un pH de 11 (valeur habituelle 8,5). Le rejet dans l'air a été insignifiant, la détection NH3 dans le local de compression ne s'est pas activée.

Les 180 m³ d'eau du bac sont éliminés par volume de 10 à 20 m³ dans les effluents traités par la station d'épuration du site dont la capacité est de 5 à 600 m³/j. Les herses sont testées 4 jours plus tard sous 15 b d'azote ; celles qui ne sont pas étanches sont isolées, vidées et remplacées. Un contrôle visuel de l'NH3 sur un viseur receveur est installé. Le pH de l'eau du bac est vérifié 2 fois/j, un produit anticorrosion est ajouté dans le bac. La nouvelle installation prévue utilisera moins d'NH3 (0,7 t au lieu de 4,5 t).

N°16761 - 16/11/1999 - FRANCE - 02 - BOUE

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Dans une usine fabriquant des produits laitiers, une fuite de 3 kg d'ammoniac se produit durant 20 min sur l'une des herses d'un bac à eau glacée associé aux installations de réfrigération du site. L'accident a lieu lors de la purge préalable d'une herse qui doit être démontée avant de réparer la maçonnerie du bac. L'opération est réalisée par un intervenant extérieur. La herse étant vidée et isolée du reste de l'installation, la fuite se produit au niveau d'un fût de purge et forme un petit nuage d'NH3 non persistant. Les 20 min mentionnées correspondent au temps nécessaire à 2 employés équipés d'ARI pour fermer les vannes de purge. Un plan de prévention réalisé dans le cadre des travaux quelques jours auparavant avait permis de sensibiliser le responsable des secours internes. Les secours extérieurs dépêchés sur les lieux n'auront pas à intervenir. La surveillance des purges est renforcée pour la suite des interventions.

N°16618 - 22/10/1999 - FRANCE - 60 - FORMERIE

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Sur les installations de réfrigération d'un abattoir, une fuite se produit sur une bride de canalisation reliée à un réservoir contenant 4 t d'ammoniac. Le personnel est évacué et le réservoir est isolé.

N°16304 - 11/09/1999 - FRANCE - 44 - CHATEAUBRIANT

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Un feu qui pourrait avoir pour origine un court-circuit dans un local abritant des emballages, se déclare la nuit dans un abattoir spécialisé dans la découpe de bovins. Des riverains alertent le gardien qui prévient les pompiers. L'intervention dure 5 h. Sur 3 niveaux, 6 des 10 000 m² de l'établissement (secteurs de découpe, de transformation et d'expédition, locaux administratifs et informatiques) et 400 carcasses de veau (2 MF) sont détruits. Seules la zone d'abattage des veaux et les installations de réfrigération contenant 3,5 t d'ammoniac sont épargnées, mais 270 personnes sont en chômage technique. L'établissement reprend partiellement ses activités le mois suivant, après expertise des installations de réfrigération et vidange des canalisations situées dans les locaux frigorifiques à reconstruire. L'isolation des tuyauteries lors du sinistre a permis de limiter les fuites à moins de 0,1 t d'ammoniac ; des pompiers ont cependant été incommodés par des fuites de FREON.

N°16350 - 01/09/1999 - FRANCE - 59 - DOUAI

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Dans le hall d'abattage d'un abattoir, une fuite d'ammoniac se produit sur l'un des joints d'une installation de réfrigération contenant 4 t de fluide. Les agents de maintenance présents colmatent rapidement la fuite. Le Préfet demande l'arrêt des installations compte-tenu de leur vétusté ; celles-ci avaient été mises en service en 1974.

N°15966 - 19/07/1999 - FRANCE - 38 - GRENOBLE

R93.11 - Gestion d'installations sportives

Une épingle refroidissant la piste d'une patinoire fuit lors de travaux sur une soudure défectueuse. L'unité de réfrigération accidentée contient 3,6 t d'NH3. Le soudeur note l'odeur du gaz, puis le détecteur de la piste se déclenche. Les pompiers et la police interviennent à 9h30. La fuite est colmatée vers 13 h et le périmètre de sécurité de 100 m mis en place au nord du site est levé. La fuite évaluée à 100 l d'ammoniac en 5 h correspond à la vidange de l'épingle. Des concentrations de 140 ppm seront mesurées au niveau de la piste. Une société spécialisée extérieure contrôle les installations en fin d'après-midi. La canalisation principale n'a pas été totalement vidangée à la suite d'une défaillance du manomètre indiquant la pression dans la tuyauterie. Ce manomètre est remplacé vers 17 h et les canalisations sont vidangées (phase vapeur) entre 17 h et 19h30. Une équipe reste sur les lieux pour la nuit, des soutirages étant réalisés à 23 h, 6 h et en journée (vaporisation du liquide résiduel). Quatre vannes sont ensuite mises en place, 2 pour isoler l'épingle défectueuse et 2 autres sur une épingle voisine, avant balayage complet à l'azote des canalisations. Une société intervient ensuite pour dégager le béton autour des canalisations et préparer le remplacement du tronçon défectueux. Un autre intervenant effectue ensuite ce remplacement et les soudures correspondantes. Une radio finale de ces soudures étant impossibles, une épreuve hydraulique du circuit est ensuite réalisée. Un arrêté d'urgence conditionne la remise en service des installations à l'analyse complète de l'accident pour en identifier les causes exactes, vérifier la validité des modes opératoires relatifs aux opérations exceptionnelles (travaux, vidange...), connaître les conséquences éventuelles de la fuite d'NH3 sur les installations et l'environnement, préciser les mesures à prendre pour diminuer la probabilité de renouvellement de ce type de fuite y compris sur les autres installations similaires de l'établissement. L'exploitant doit également justifier plusieurs dispositions règlementaires : gardiennage permanent, consignes d'exploitation, vêtements étanches pour les interventions, dossier sécurité, vannes de sectionnement télécommandées...

N°16589 - 18/07/1999 - FRANCE - 86 - SAINT-SAVIOL

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

De nuit dans une laiterie, une fuite d'ammoniac se produit dans un local technique en sous-sol, à la sortie du compresseur d'une installation de réfrigération. Les pompiers, dont une CMIC, interviennent durant 4 h avec une unité de ventilation. La partie fabrication de l'établissement n'est pas touchée.

N°15798 - 30/06/1999 - FRANCE - 79 - BRESSUIRE

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

Sur les installations de réfrigération d'un abattoir de volailles, une importante fuite d'ammoniac se produit sur un surgélateur à plaques. Les pompiers appuyés par une CMIC mettent en place un périmètre de sécurité. Des prélèvements sont effectués.

N°15492 - 11/05/1999 - FRANCE - 42 - SAINT-PRIEST-EN-JAREZ

C10.13 - Préparation de produits à base de viande

Sur l'installation de réfrigération d'une charcuterie industrielle, une fuite d'ammoniac se produit sur un condenseur contenant 400 kg de frigorigène. Une CMIC colmate la fuite et une société de maintenance décontamine le site.

N°15395 - 15/04/1999 - FRANCE - 14 - BEUVILLERS
YYY.YY - Activité indéterminée
Deux fuites d'ammoniac se produisent sur une ancienne installation de réfrigération en cours de démantèlement. Une CMIC intervient. Les fuites sont colmatées et un rideau d'eau est installé pour diluer les vapeurs gazeuses confinées dans le bâtiment.

N°17283 - 09/11/1999 - FRANCE - 63 - CLERMONT-FERRAND
C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie
Une soupape s'ouvre sur le circuit de réfrigération d'une capacité de 3 t d'un abattoir ; 400 kg d'ammoniac sont émis à l'atmosphère. Deux employés intoxiqués sont hospitalisés dont l'un restera sous surveillance 48 h. Le personnel et les utilisateurs sont évacués.

N°603 - 04/08/1999 - FRANCE - 24 - BERGERAC
C10.39 - Autre transformation et conservation de fruits et légumes
Dans une usine spécialisée dans la conserve et la surgélation de fruits et de légumes, un incendie détruit un stock de palettes et de cartons d'une dizaine de mètres de hauteur, ainsi que des bidons d'huile. Un important dispositif hydraulique est déployé par 80 pompiers durant 4 h ; 3 d'entre eux sont légèrement blessés lors de l'intervention. Une surveillance est maintenue toute la journée. Les installations de réfrigération mettant en œuvre de l'ammoniac ne sont pas atteintes. La police effectue une enquête.

N°15221 - 31/03/1999 - FRANCE - 49 - CHOLET
C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie
Un feu se déclare vers 4h30 dans un entrepôt abritant les emballages d'une usine d'abattage et de conditionnement de viande. D'importants moyens de secours interviennent. L'incendie émet d'abondantes fumées. A 5h41, une explosion de ces dernières riches en gaz de pyrolyse imbrulés, explosion de type backdraft, oblige les binônes de reconnaissance à évacuer rapidement les lieux. Le bâtiment s'embrase, les installations de réfrigération à l'ammoniac (7,5 t d'NH3) sont menacées. Un périmètre de sécurité est mis en place, le trafic aérien est suspendu et la circulation est interdite quelques heures sur un boulevard proche.
Le feu est circonscrit vers 6h40, mais l'effondrement de la structure métallique interdit toute action au cœur du foyer.
L'idée d'une attaque à la mousse un instant envisagée est finalement abandonnée. L'ouverture d'accès dans le bardage extérieur à l'aide d'un découpeur plasma et l'emploi d'une caméra thermique permettent à la fois la ventilation des lieux, d'identifier les points d'attaques les plus favorables et d'intervenir efficacement sur les foyers résiduels. Une CMIC effectue des mesures de toxicité qui permettent de confirmer la présence de 5 ppm d'NH3 (seuil olfactif) dans l'air. A 11 h, des vannes sont fermées par secteur pour isoler les circuits frigorifères traversant le bâtiment sinistré et la haute tension est coupée. Les eaux d'extinction sont dirigées sur la station de pré traitement du site et la station d'épuration communale.
Le feu est considéré comme éteint peu après, plus de 250 bouteilles ARI ont été utilisées. Des relèves sont effectuées pour surveiller les lieux la nuit durant. Le dispositif, allégé le 1er avril et supprimé en soirée, sera réactivé le 3 avril durant les travaux nécessaires à la remise en service des installations. Les locaux de stockage et une salle de préparation sont détruits (2 000 m² sur 2 niveaux), des installations de production sont endommagées, mais les unités de réfrigération ont

été protégées. Les dommages matériels et pertes d'exploitation sont évalués à 50 MF chacun ; 700 employés sont en chômage technique. La formation rigoureuse du personnel au risque NH3, la clarté des règles de sécurité et d'intervention et la bonne connaissance des lieux par les secours ont facilité la maîtrise du sinistre. Un incendie similaire s'était déjà produit le 19/01/1999.

N°14852 - 08/02/1999 - FRANCE - 14 - LIVAROT

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Un feu d'origine inconnue se déclare la nuit dans l'un des locaux d'entreposage d'une fromagerie. D'importants moyens de secours (8 casernes / 100 pompiers) interviennent en ARI durant 4h30. Un vent violent accompagné de pluie et de neige, la présence de produits chimiques divers (soude, ammoniaque, acide, fréon, oxygène), l'explosion de bonbonnes de gaz, la présence de 4 bouteilles d'acétylène, de bouteilles de propane et de nombreux aérosols (peinture) en feu qui seront plongés dans une cuve d'eau, ainsi qu'une légère fuite d'ammoniac à la suite de la rupture d'une canalisation associée à une installation de réfrigération et fixée sur un IPN déformé par l'incendie... compliquent l'intervention. La moitié du site (construction de 1994) mettait en œuvre des panneaux M1, l'autre moitié des panneaux M4.

L'établissement de 10 000 m² est détruit à 90 % ; seuls les endroits équipés de murs coupe-feu sont épargnés. Les dommages matériels et les pertes d'exploitation sont évalués à 125 et 65 MF, 150 personnes risquent d'être en chômage technique. La reconstruction de l'établissement demandera 12 à 14 mois de travaux.

N°15423 - 05/02/1999 - FRANCE - 44 - ANCENIS

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Dans les installations de réfrigération d'une laiterie, une fuite d'ammoniac se produit sur une herse corrodée immergée dans un bac à eau glacée de 260 m³. La concentration d'NH3 mesurée dans le bac atteint 8 g/l (2 t d'NH3). Aucune fuite toxique ne se produit à l'atmosphère, seule une faible odeur se propage dans l'atelier. L'installation est arrêtée, les herses sont isolées (vannes ouvertes vers le ballon pour éviter une montée en pression liée à l'évaporation de l'ammoniac), le circuit eau glacée est vidangé et le pH du bac maintenu plein est tamponné. Ce dernier est ensuite vidangé lentement, l'effluent étant traité en station. Les jours suivants, un intervenant extérieur inspecte les installations et procède aux réparations nécessaires.

N°14838 - 02/02/1999 - FRANCE - 67 - HOCHFELDEN

C11.05 - Fabrication de bière

Dans une brasserie, un feu se déclare sur une ancienne installation de réfrigération à l'ammoniac en cours de démantèlement, lors du démontage d'un aéroréfrigérant situé à l'extérieur des bâtiments. Les pompiers maîtrisent rapidement le sinistre et les dommages sont limités à l'aéroréfrigérant. Des batteries de refroidissement avec des ailettes (peu visible) en matière plastique contenu dans l'aéroréfrigérant sont à l'origine de l'incendie.

N°11332 - 17/12/1998 - FRANCE - 51 - REIMS

R93.11 - Gestion d'installations sportives

Dans un complexe avec piscine et patinoire, de l'ammoniac est émis par une installation de réfrigération venant d'être refaite, comprenant un réservoir (140 kg d'NH3) et une réserve d'eau ammoniacale à 18 %. L'unité a été remplie entre 8 et 10 h hors présence du public, la ventilation du local tombe en panne à 13 h et les alarmes NH3 sont débranchées à la suite de travaux. Un sous-traitant purge plusieurs fois dans la journée le circuit eau ammoniacale, opération normale pour la remise en service des installations, mais les rejets sont effectués non neutralisés et à l'air libre. Compte-tenu de la météo, des vapeurs qui stagnent sur le site (120 ppm près de

l'évacuation des purges), aspirées avec l'air de ventilation de la piscine, incommodent des personnes (8 ppm d'NH3 relevées), 14 sont hospitalisées par précaution. Le bâtiment est évacué. L'intervenant a commis plusieurs fautes : pas de protection individuelle, plan de prévention imprécis, étiquetage des produits utilisés insuffisant.

N°14320 - 10/11/1998 - FRANCE - 42 - SAINT-ANDRE-LE-PUY

C10.13 - Préparation de produits à base de viande

Dans une entreprise de salaison, un feu se déclare durant la nuit dans la salle des machines de 200 m² en dessous de laquelle sont implantés les 3 réservoirs d'ammoniac (6 m³ de fluide frigorigène) associés aux installations de réfrigération.

La chaleur dégagée par les flammes endommage des tuyauteries, provoquant 2 fuites d'ammoniac peu importantes. Les secours interviennent avec d'importants moyens. Un périmètre de sécurité est mis en place et 4 maisons sont évacuées.

Les pompiers équipés d'ARI maîtrisent avec difficultés l'incendie et une CMIC parvient à stopper les fuites d'ammoniac.

Tout danger est écarté 3 h 00 plus tard. Les 25 employés de l'établissement sont en chômage technique.

N°14270 - 03/11/1998 - FRANCE - 29 - TREGUNC

C10.89 - Fabrication d'autres produits alimentaires n.c.a.

Dans l'une des unités de réfrigération (2,1 t d'NH3) d'une usine de plats préparés, une fuite se produit sur le tuyau de piquage d'une vanne de dégazage reliée à l'aspiration de gaz ammoniac d'un surgélateur de 400 kg/h. La corrosion (trou 1 mm) résulte d'un défaut de montage qui a généré des courants induits à la suite d'un contact tuyau acier / calorifugeage aluminium au niveau de la collerette de la soupape de décharge. Un technicien muni d'un masque isole l'unité en 10 min.

Le personnel est évacué jusqu'au lendemain, 6 employés intoxiqués sont hospitalisés quelques heures. La production en cours est détruite. La canalisation est remplacée. Les autres installations de réfrigération du site, plus récentes et dont les canalisations sont protégées par des toiles isolantes, sont également contrôlées.

N°13888 - 12/07/1998 - FRANCE - 43 - BRIVES-CHARENSAC

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Dans une coopérative laitière, une émission d'ammoniac a lieu sur une installation de réfrigération. La fuite qui se produit en phase gazeuse par les soupapes de sécurité du réservoir de stockage, est due à l'emballement du compresseur de l'unité et au non-fonctionnement d'une sécurité primaire.

N°13023 - 15/06/1998 - FRANCE - 50 - CONDE-SUR-VIRE

C11.03 - Fabrication de cidre et de vins de fruits

Dans une cidrerie, une fuite d'ammoniac se produit lors du démantèlement d'une unité de réfrigération remplacée par un groupe à détente directe au FRÉON. Une société extérieure démonte des canalisations à eau glacée périphériques dès 10 h 30. A 14 h 50, une conduite de remontée d'NH3 est sectionnée par erreur. Le gaz toxique, 6 à 700 kg libérés sur 1 200 kg d'NH3 contenus dans l'unité, envahit la salle désaffectée et une partie des locaux voisins par les passages de canalisations dans les murs. La fuite est stoppée en fermant des vannes. Le site est évacué, un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place. Un employé asthmatique est hospitalisé préventivement. Les pompiers abattent le gaz avec des lances. L'eau polluée est traitée en interne.

N°12994 - 09/06/1998 - FRANCE - 44 - SAINT-HERBLAIN

C10.52 - Fabrication de glaces et sorbets

Un feu se déclare vers 17 h dans une usine de fabrication de glaces à quelques centaines de m d'un centre commercial.

D'importants moyens sont mobilisés (4 CMIC...). En raison du vent violent et de la présence d'unités de réfrigération mettant en œuvre 18 t d'ammoniac (NH3), les personnes sont évacuées dans un rayon de 500 m (350 salariés, un magasin...), 1 500 se confinent dans un lotissement et 2 routes sont fermées. Des rideaux d'eau abattent les faibles quantités d'NH3 émises. L'intervention dure 16 h. L'entrepôt de 12 000 m² est détruit à 50 %, 1/3 de l'usine est hors service. Un intervenant extérieur découpant des tôles au chalumeau a initié la combustion de l'isolant en polystyrène expansé sous-jacent. L'usine ne sera pas reconstruite ; 300 personnes sont en chômage technique. Le coût de l'intervention est évalué à 700 KF. Le directeur général de la société, le directeur technique du site et le sous-traitant sont condamnés à verser une amende de 50 KF un an plus tard.

N°13092 - 15/05/1998 - FRANCE - 85 - SAINT-FULGENT

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

Dans un abattoir de volailles, une fuite de 600 kg d'ammoniac se produit dans un local technique lors d'une purge de l'installation de réfrigération. L'opérateur a été dans l'impossibilité de refermer la vanne ouverte pour effectuer cette opération. L'employé était équipé d'un masque, en revanche 30 autres personnes présentes dans l'atelier sont évacuées. Aucune victime n'est à déplorer. L'installateur effectue une inspection complète de l'installation avant remise en charge du circuit.

N°13047 - 01/06/1998 - FRANCE - 24 - PORT-SAINTE-FOY-ET-PONCHAPT

G46.31 - Commerce de gros de fruits et légumes

Un nuage d'ammoniac se répand dans l'entrepôt de stockage de kiwis d'une coopérative fruitière. Une CMIC intervient pour stopper la fuite située sur une électrovanne en sortie d'un réservoir de 3 m³ de l'installation de réfrigération. Un rideau d'eau est installé en bordure des voies de circulation. L'eau est utilisée avec modération pour éviter une pollution de la DORDOGNE. Les gendarmes établissent une zone d'isolement de 800 m La circulation est coupée sur la route et la

voie ferrée. Un centre commercial est évacué. Une personne est légèrement intoxiquée. L'ammoniac est dispersé par ventilation. La circulation est rétablie 3 h 30 après le début de l'accident.

N°13065 - 23/02/1998 - FRANCE - 25 - BESANCON

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Une fuite de 250 l d'ammoniac a lieu sur l'un des groupes de réfrigération d'un abattoir à la suite de la rupture du roulement du moteur d'un compresseur. L'unité se met en sécurité. Le directeur note la panne, 3 h 30 plus tard, lors de l'un des contrôles journaliers qu'il effectue par télésurveillance le week-end à partir de son domicile. Il est simultanément alerté par le gardien du site qui a détecté des odeurs d'NH3. Les pompiers et une CMIC équipés de tenues étanches maîtrisent rapidement le sinistre. Un périmètre de sécurité est mis en place. L'huile et l'ammoniac répandus sont absorbés avec de la sciure. Une société de maintenance effectue les réparations nécessaires. L'installation redémarre en fin d'après-midi après un appoint de 22 l d'huile.

N°12362 - 26/01/1998 - FRANCE - 81 - LAVAUR

A01.61 - Activités de soutien aux cultures

Pour la visite triennale du dépôt d'ammoniac d'une coopérative, un technicien vidange puis dégaze avec un compresseur un réservoir de 64 m³ dans une autre cuve et part, 4 h plus tard, en laissant une vanne ouverte pour ventiler le réservoir ; 7 ppm d'NH3 sont alors mesurées dans l'air (1° seuil d'alarme : 50 ppm) à côté du réservoir. Des nomades incommodés à 300 m alertent les pompiers 2 h après. La vanne est refermée (5 ppm d'NH3 encore mesurées). Un adulte et 3 enfants sont hospitalisés, 8 autres et 3 adultes sont examinés sur place. Malgré les consignes, les conditions locales (présence de riverains, vent, etc.) sont mal appréciées ; le technicien ne reste pas durant la ventilation du réservoir, l'NH3 résiduel n'est pas absorbé dans une cuve d'eau.

N°12674 - 25/01/1998 - FRANCE - 67 - SCHILTIGHEIM

C11.05 - Fabrication de bière

Dans une brasserie, 100 kg d'ammoniac liquide sous 3 à 4 b (900 kg contenus dans l'unité) s'échappent d'une unité de réfrigération. La tête de la vanne de décharge de la pompe d'NH3, alimentée par un réservoir neuf et partiellement rempli depuis quelques jours, s'est désolidarisée du corps de la vanne lors d'un réglage. Seuls avec un gardien, les sous-traitants chargés des travaux ne peuvent arrêter la fuite. L'un d'eux est légèrement brûlé par l'NH3. L'implantation du local et l'absence de plans précis de l'unité modifiée gênent les pompiers ; 2h30 sont nécessaires pour fermer une vanne et arrêter la fuite. Aucune odeur d'NH3 n'est notée hors du site. L'administration constate les faits : détection NH3, vannes de sectionnement asservies et ventilations absentes.

N°11771 - 02/11/1997 - FRANCE - 22 - SAINT-NICOLAS-DU-PELEM

C10.12 - Transformation et conservation de la viande de volaille

De nuit et en l'absence du personnel, un feu se déclare dans un abattoir de volailles de 7 000 m². Des riverains donnent l'alerte. Malgré d'importants moyens, les pompiers ne peuvent que protéger les installations de réfrigération à l'ammoniac et locaux techniques construits en dur. La combustion des emballages et films plastiques provoque l'émission de fumées noires, 6 t de fréon (R22) sont détruites. L'usine est ravagée, 330 t de marchandises sont saisies et éliminées, dont 110 t de volailles mises en décharge et recouvertes de 25 t de chaux 15 jours plus tard. Les effluents aqueux sont traités. Les dommages et pertes d'exploitation s'élèvent à 90 et 70 MF, 280 employés sont en chômage technique. Une expertise judiciaire est réalisée.

N°11690 - 09/10/1997 - FRANCE - 89 - CHABLIS

C11.02 - Production de vin (de raisin)

Lors de la purge d'une installation de réfrigération dans une cave coopérative, une fuite d'ammoniac se produit à la suite de l'ouverture d'une soupape de sécurité. Une CMIC intervient. Aucune victime n'est à déplorer.

N°11547 - 19/08/1997 - FRANCE - 76 - LE HAVRE

H52.10 - Entreposage et stockage

Un feu d'origine criminelle se déclare à 16h20 dans un entrepôt de 30 000 m² d'emprise au sol sur 2 niveaux, abritant des archives et un hangar frigorifique comprenant une unité de réfrigération à l'arrêt contenant 5 t d'ammoniac (NH3). Le front de flamme est évalué à 350 m 15 mn après l'alerte. Un périmètre de sécurité est établi. D'importants moyens sont mobilisés : une centaine de pompiers, 2 remorqueurs de haute mer... Des évapo-condenseurs explosent dans l'incendie, libérant 2 t d'NH3 gazeux à l'atmosphère. Une CMIC effectue des

prélèvements (4 ppm d'NH3 dans les fumées sur site, négatif à 300 et 1 200 m). L'unité de réfrigération est vidangée les jours suivants et l'NH3 est stocké en conteneurs.

N°11477 - 18/08/1997 - FRANCE - 56 - JOSSELIN

C10.11 - Transformation et conservation de la viande de boucherie

Quelques litres d'ammoniac de réfrigération (23,5 t utilisés) s'échappent à 5h45 d'une usine d'abattage et de découpe de porcs. Des arcs électriques (gaine de bobine fissurée) ont fragilisé le corps d'une vanne de régulation de pression sur les conduites d'NH3 (4 bars) alimentant un évaporateur. Les pompiers interviennent. La concentration d'NH3 atteint 50 ppm dans l'air. Durant l'intervention d'un frigoriste externe et la ventilation des locaux (8 h), 350 employés sont évacués. La perte de production est importante (500 carcasses contaminées, etc.). Les 400 vannes du site contrôlées 3 mois auparavant (certaines d'accès difficile) sont démontées, vérifiées et équipées de fusibles. L'eau glycolée pourrait être utilisée sur une partie des installations.

N°11545 - 06/08/1997 - FRANCE - 63 - SAYAT

C10.51 - Exploitation de laiteries et fabrication de fromage

Dans une fromagerie, un employé ouvre une purge d'huile sur les compresseurs d'une unité de réfrigération, s'absente et oublie de revenir sur les lieux. Une fuite de 30 l d'ammoniac se produit. Les pompiers et la gendarmerie sont alertés, 4 employés intoxiqués sont examinés. Aucun détecteur NH3 n'est installé. La détection gaz inflammable existante est reliée à un compteur dont l'exploitant ne connaît ni l'unité de mesure, ni les seuils de pré-alarme/alarme. Les installations n'ont pas été vérifiées depuis 15 ans. Les consignes ne mentionnent ni l'absence des 2 agents d'entretien habituels, ni le nom d'un remplaçant. Un employé envoyé sur place n'est pas informé du risque toxique. Une combinaison étanche était inaccessible (couloirs envahis d'NH3).

ANNEXE 5

ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ en référence à l'arrêté du 29 septembre 2005.

	Page
Grille de criticité	2
Analyse des défaillances possibles sur les tuyauteries	4
Analyse des défaillances possibles des compresseurs à pistons	5
Analyse des défaillances possibles des compresseurs à vis	8
Analyse des défaillances possibles sur le circuit HP	11
Analyse des défaillances possibles sur le circuit MP / BP	15
Analyse des défaillances possibles sur l'ensemble de l'installation	19
Récapitulatif des criticités AVANT préconisations	23
Récapitulatif des criticités APRÈS préconisations	24
Justificatif des scénarii retenus	25

Nombre de défaillances moyennement critiques **AVANT** préconisations =	**19**
Nombre de défaillances CRITIQUES **AVANT** préconisations =	**0**
Toutes ces défaillances ont fait l'objet d'actions correctives détaillées dans ce document et dans l'étude de danger, de façons à ramener leur nombre (en Défaillances Moyennement Critiques**) à :**	0
Les risques restants sont ceux issus d'un projectile venant de l'extérieur ou d'un incendie	

Grille de criticité des accidents

Après avoir identifié les accidents possibles, il est utile de procéder à une évaluation de leur probabilité d'occurrence.
Cette évaluation est faite à partir des éléments contenus dans *« l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005, relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations soumises à autorisation »* (JO du 7 octobre 2005).
Le BARPI du ministère a réuni les accidents sur ce type d'installations, déclarés en préfecture, et indiqué l'origine et les conséquences de ceux-ci.

Cependant, il est nécessaire de procéder à une analyse au cas par cas des évaluations effectuées. C'est la raison pour laquelle après avoir déterminé les modes de défaillance pour chacun des appareils mentionnés et répertoriés, ont été pris en compte : l'implantation de l'équipement ainsi que la quantité d'ammoniac mise en jeu dans le cadre de la défaillance. Ce, afin d'obtenir une analyse exhaustive et adaptée particulièrement au site et à l'installation frigorifique fonctionnant à l'ammoniac.
L'évaluation de la criticité de la défaillance s'évalue à partir des niveaux de gravité et de fréquence.

Les niveaux de gravité (G) et de fréquence (F) sont tous les deux, classés en niveaux variant de 1 à 5 selon les critères suivants, issus de l'arrêté précité du 29 septembre 2005 :

Pour la **Gravité** selon l'annexe III, de l'arrêté *pré cité, relative à l'échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident* ***à l'extérieur des installations***.

NIVEAU DE GRAVITÉ des conséquences	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux significatifs	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets létaux	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL des effets irréversibles sur la vie humaine	Indice **G** chiffré dans la grille de criticité
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées (1)	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées	**5**
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées	**4**
Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	**3**
Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées	**2**
Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à une personne	**1**
(1) Personne exposée : en tenant compte le cas échéant des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et de la propagation de ce dernier et de la propagation de ses effets le permettent				

Pour la **Fréquence** selon l'annexe I, de l'arrêté *du 29 septembre 2005, relative aux échelles de probabilité, en tant* ***qu'appréciation qualitative****.*

Classe de probabilité	**E** (**1** dans la grille de criticité)	**D** (**2** dans la grille de criticité)	**C** (**3** dans la grille de criticité)	**B** (**4** dans la grille de criticité)	**A** (**5** dans la grille de criticité)
Appré-ciation qualitative	**« événement possible mais extrêmement peu probable »** N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations.	**« événement très improbable »** S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.	**« événement improbable »** Un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	**« événement probable »** S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de la vie de l'installation.	**« événement courant »** S'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de la vie de l'installation, malgré d'éventuelles mesures correctives.

La criticité (C) de la défaillance est donnée par le couple (G, F) de ces deux valeurs, la criticité peut donc varier de 11 à 55.

Probabilité (F)⬇	**Gravité 1**	**Gravité 2**	**Gravité 3**	**Gravité 4**	**Gravité 5**
A ou 5	**15**	**25**	**35**	**45**	**55**
B ou 4	**14**	**24**	**34**	**44**	**54**
C ou 3	**13**	**23**	**33**	**43**	**53**
D ou 2	**12**	**22**	**32**	**42**	**52**
E ou 1	**11**	**21**	**31**	**41**	**51**
Gravité➔	**G = 1**	**G = 2**	**G = 3**	**G = 4**	**G = 5**

La **criticité (C)** permet d'évaluer le niveau de risque présenté par une défaillance.

	défaillance critique / il est nécessaire d'envisager des mesures urgentes d'amélioration
	défaillance moyennement critique / des mesures d'amélioration doivent être étudiées
	défaillance non critique / il n'est pas nécessaire d'envisager des mesures d'amélioration

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**TUYAUTERIES ET ACCESSOIRES**

Tableau des défaillances canalisations

Cause de défaillance	Prévention - Action
Choc	Protection mécanique des canalisations sur leur parcours, dans la SdM, les combles ou en extérieur.
	Attention à bien remettre en place les différentes protections après d'éventuels travaux
Corrosion	Au neuvage par protection anticorrosion (peintures, bandes grasses, galvanisation extérieure.
	Inspection des canalisations non calorifugées. Programme annuel de vérification par sondage des canalisations calorifugées
Coup de bélier	Vérification d'absence de coups de bélier en marche froid ou en dégivrage, malgré la bonne conception de l'installation
Vibrations excessives	Contrôles réguliers à prévoir dans le cadre de l'entretien des compresseurs notamment.
Contraintes de dilatation	Bien disposer les supports et vérifier ensuite leur tenue dans le temps.
Matériaux non adaptés	Les certificats "matières" seront fournis par l'installateur, et les travaux seront réalisés par des professionnels du froid suivant les indication de la DESP. Une traçabilité des matériaux utilisés sera effectuée dans le cadre de la DESP.
Défaut de fabrication des tubes ou de leurs accessoires (Tés, coudes, brides)	id
Mauvaise soudure	Les soudures sont faites par des soudeurs qualifiés selon mode opératoire connu.
Surpression	Présence de clapets de décharge interne ou de soupapes de sécurités externes.
Supports inadaptés	Bien disposer les supports et vérifier ensuite leur tenue dans le temps.

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**GROUPE MOTO COMPRESSEUR à PISTONS**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
P1	Vanne ASPIRATION ou REFOULEMENT	Non étanchéité ou blocage	Impuretés ou inutilisation	Impossibilité d'isoler le compresseur	Arrêt prolongé de l'installation	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	14	D	Vérification périodique du bon fonctionnement des vannes	12	D
P2		Détérioration du presse étoupe ou mauvais serrage	Usure, durcissement des joints, mauvaise qualité des joints	Fuite légère en SdM	Minime	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	14	D	Vérification de la compatibilité des joints avec l'NH3 y compris ceux du compresseur	12	D
P3	Compresseur	Défaut garniture	Usure, vieillissement, déserrage ou vibrations excessives	Perte d'huile, légère émission d'NH3	Minime	Flaque d'huile, odeur, détecteur NH3, pressostat huile	14	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance	12	D
P4		Rupture ou fissure d'un piquage ou manomètre	Vibrations, désalignage entre compresseur et moteur	Emission NH3 dans la SdM	Fuite limitée à la SdM	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	14	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance	12	D
P5		Défaut mécanique compresseur	Sécurités circuit NH3 ou huile inopérantes	Compresseur HS après un éventuel coup de liquide	Fuite limitée à la SdM	Protection électrique moteur	13	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D
P6	Clapet de décharge interne	Ouverture à pression trop basse	Déréglage ou tarage trop faible	Surchauffe au compresseur	Arrêt du compresseur concerné	Thermostat de surchauffe au refoulement	14	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D
P7		Bloqué fermé	Corrosion ou mauvais tarage	Risque de rupture, si PHP défectueux	Arrêt du compresseur concerné	Pressostat HP, Protection électrique moteur	13	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D
P8	Pressostat HP	Déclenchement à pression trop élevée	Déréglage ou tarage trop élevé	Risque ouverture soupape sécurité et avarie compresseur	Arrêt du compresseur concerné	Soupape de sécurité	14	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D
P9	Pressostat BP	Déclenchement à pression trop basse	Déréglage ou tarage trop faible	Risque entrée air dans circuit, prise en glace des évaporateurs	Minime	Pressostat BP général. Manomètre de contrôle	14	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**GROUPE MOTO COMPRESSEUR à PISTONS**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
P10	Pressostat différentiel d'huile	Déclenchement à différentiel trop bas	Déréglage ou tarage trop faible	Avarie compreseur	Arrêt du compresseur concerné	Thermostat refoulement. Manomètre de contrôle	14	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D
P11	Thermostat de refoulement et huile	Déclenchement à température trop élevée	Déréglage ou tarage trop élevé	Avarie compreseur	Arrêt du compresseur concerné	Thermomètre de contrôle	14	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D
P12	Réfrigérant d'huile à eau	Passage d'huile vers eau	Percement réfrigérant d'huile	Risque avarie compresseur par manque d'huile	Arrêt du compresseur concerné	Pressostat différentiel d'huile, thermostat de refoulement	14	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance	12	D
P13	Séparateur d'huile	Rupture d'un piquage	Vibrations excessives	Fuite de NH3 gazeux et huile en SdM	Risque pour les personnes présentes en SdM	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	13	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance	12	D
P14	Soupape de sécurité à l'atmosphère	Ouverture à pression trop basse	Déréglage ou tarage trop faible ou par surpression "normale" d'ouverture	Emission NH3 à l'extérieur	Voir scénario correspondant, en cas de "crachage normal ou pas" dans étude de danger	Odeur, arrêt d'urgence, manque d'NH3	24	DMC	Contrôle des sécurités, maintenance préventive. Tenir une soupape en stock. Monter un **détecteur spécial soupape** pour alerter et éventuellement arrêter l'installation en cas de crachage de la soupape.	12	D
P15		Bloquée fermée	Corrosion, mauvais tarage déréglage, obstruction par bouchon de glace ou objet	Risque de rupture, si PHP défectueux et émission NH3 dans SdM	Risque pour les personnes présentes en SdM	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX, autres pressostats HP.	24	DMC	Contrôle périodique des sécurités, des soupapes (DESP). Evacuations sur collecteur avec détecteur NH3. Pose d'un pressostat HP de redondance général HP	12	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**GROUPE MOTO COMPRESSEUR à PISTONS**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
P16	Clapet de non retour au refoulement	Bloqué ouvert	Usure, impuretés	Condensation possible d'NH3 dans huile, risque d'avarie du compresseur	Arrêt du compresseur concerné	Niveau d'huile dans séparateur, manomètre à l'arrêt, pressostat d'huile	13	D	Vérifier la température d'huile dans le carter à l'arrêt.	12	D
P17		Bloqué fermé	Usure ou casse	Risque de rupture, si PHP défectueux	Risque pour les personnes présentes en SdM. Arrêt du compresseur concerné	Pressostat HP, Protection électrique moteur	13	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	11	D

DC

Pour les compresseurs à pistons	Nombre de défaillances moyennement crtiques **AVANT** préconisations =	**2**	**APRÈS** préconisations	**0**
	Nombre de défaillances CRITIQUES **AVANT** préconisations =	**0**	**APRÈS préconisations**	**0**

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**GROUPE MOTO COMPRESSEUR à VIS**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
V1	Vanne ASPIRATION ou REFOULEMENT, ou clapet ASPIRATION	Non étanchéité ou blocage	Impuretés ou inutilisation	Impossibilité d'isoler le compresseur	Arrêt prolongé de l'installation	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	14	D	Vérification périodique du bon fonctionnement des vannes	12	D
V2		Détérioration du presse étoupe ou mauvais serrage	Usure, durcissement des joints, mauvaise qualité des joints	Fuite légère en SdM	Minime	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	14	D	Vérification de la compatibilité des joints avec l'NH3 y compris ceux du compresseur	12	D
V3	Compresseur	Défaut garniture	Usure, vieillissement, déserrage ou vibrations excessives	Perte d'huile, légère émission d'NH3	Minime	Flaque d'huile, odeur, détecteur NH3, pressostat huile	14	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance	12	D
V4		Rupture ou fissure d'un piquage ou manomètre	Vibrations, désalignage entre compresseur et moteur	Emission NH3 dans la SdM	Fuite limitée à la SdM	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	14	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance	12	D
V5		Défaut mécanique compresseur	Sécurités circuit NH3 ou huile inopérantes	Compresseur HS après un éventuel coup de liquide	Fuite limitée à la SdM	Protection électrique moteur	13	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D
V6	Clapet de décharge interne ou vanne de BY-PASS	Ouverture à pression trop basse	Déréglage ou tarage trop faible	Surchauffe au compresseur	Arrêt du compresseur concerné	Thermostat de surchauffe au refoulement	14	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D
V7		Bloqué fermé	Corrosion ou mauvais tarage	Risque de rupture, si PHP défectueux	Arrêt du compresseur concerné	Pressostat HP, Protection électrique moteur	13	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D
V8	Pressostat HP	Déclenchement à pression trop élevée	Déréglage ou tarage trop élevé	Risque ouverture soupape sécurité et avarie compresseur	Arrêt du compresseur concerné	Soupape de sécurité	14	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D
V9	Pressostat BP	Déclenchement à pression trop basse	Déréglage ou tarage trop faible	Risque entrée air dans circuit, prise en glace des évaporateurs	Minime	Pressostat BP général. Manomètre de contrôle	14	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**GROUPE MOTO COMPRESSEUR à VIS**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
V10	Pressostat différentiel d'huile	Déclenchement à différentiel trop bas	Déréglage ou tarage trop faible	Avarie compreseur	Arrêt du compresseur concerné	Thermostat refoulement. Manomètre de contrôle	14	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D
V11	Thermostat de refoulement et huile	Déclenchement à température trop élevée	Déréglage ou tarage trop élevé	Avarie compreseur	Arrêt du compresseur concerné	Thermomètre de contrôle	14	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D
V12	Réfrigérant d'huile par NH3 en gravité	Passage d'huile vers NH3	Percement réfrigérant d'huile	Risque avarie compresseur par condensation d'NH3 dans l'huile	Arrêt du compresseur concerné	Pressostat différentiel d'huile	14	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance	12	D
V13	Réfrigérant d'huile par eau glycolée	Passage d'huile vers eau glycolée	Percement réfrigérant d'huile	Risque avarie compresseur par mélange eau et huile	Arrêt du compresseur concerné	Pressostat différentiel d'huile ou thermostat température huile	14	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance	12	D
V14	Séparateur d'huile	Rupture d'un piquage	Vibrations excessives	Fuite de NH3 gazeux et huile en SdM	Risque pour les personnes présentes en SdM	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	13	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance	12	D
V15	Soupape de sécurité à	Ouverture à pression trop basse	Déréglage ou tarage trop faible ou par surpression "normale" d'ouverture	Emission NH3 à l'extérieur	Voir scénario correspondant, en cas de "crachage normal ou pas" dans étude de danger	Odeur, arrêt d'urgence, manque d'NH3	24	DMC	Contrôle des sécurités, maintenance préventive. Tenir une soupape en stock. Monter un **détecteur spécial soupape** pour alerter et éventuellement arrêter l'installation en cas de crachage de la soupape.	12	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**GROUPE MOTO COMPRESSEUR à VIS**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
V16	sécurité à l'atmosphère	Bloquée fermée	Corrosion, mauvais tarage déréglage, obstruction par bouchon de glace ou objet	Risque de rupture, si PHP défectueux et émission NH3 dans SdM	Risque pour les personnes présentes en SdM	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX, autres pressostats HP.	24	DMC	Contrôle périodique des sécurités, des soupapes (DESP). Evacuations sur collecteur avec détecteur NH3. Pose d'un pressostat HP de redondance général HP	12	D
V17	Clapet de non retour au refoulement	Bloqué ouvert	Usure, impuretés	Condensation possible d'NH3 dans huile, risque d'avarie du compresseur	Arrêt du compresseur concerné	Niveau d'huile dans séparateur, manomètre à l'arrêt, pressostat d'huile	13	D	Vérifier la température d'huile dans le carter ou le réservoir d'huile à l'arrêt.	12	D
V18		Bloqué fermé	Usure ou casse	Risque de rupture, si PHP défectueux	Risque pour les personnes présentes en SdM. Arrêt du compresseur concerné	Pressostat HP, Protection électrique moteur	13	D	Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	11	D

Pour les compresseurs à vis	Nombre de défaillances moyennement crtiques **AVANT** préconisations =	**2**	**APRÈS** préconisations	**0**
	Nombre de défaillances CRITIQUES **AVANT** préconisations =	**0**	**APRÈS préconisations**	**0**

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**CIRCUIT HP**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
H1	Canalisation de refoulement **en SdM**	Fissure ou rupture	Voir tableau de causes de défaillance tuyauteries	Emission NH3 gazeux dans la SdM	Risque pour les personnes présentes en SdM	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	23	D	Entretien régulier des tuyauteries par peinture et vérification de l'état des tuyauteries.	12	D
H2	Canalisation de refoulement en **EXTERIEUR**	Fissure ou rupture	Voir tableau de causes de défaillance tuyauteries	Emission NH3 gazeux à l'extérieur	Voir scénario correspondant dans étude de danger	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	33	DMC	Idem ci dessus avec mise en place d'un capotage aux connexions condenseur avec détecteur NH3	12	D
H3	Vannes manuelles sur la partie VAPEUR des condenseurs EN **EXTERIEUR**	Non étanchéité ou blocage	Impuretés ou inutilisation	Impossibilité d'isoler le circuit	Arrêt prolongé de l'installation	Odeur, arrêt d'urgence	33	DMC	Vérification périodique du bon fonctionnement des vannes. Mise en place du capotage aux connexions condenseur avec détecteur NH3	12	D
H4		Détérioration du presse étoupe ou mauvais serrage	Usure, durcissement des joints, mauvaise qualité des joints	Fuite légère à l'extérieur	Minime	Odeur, arrêt d'urgence	33	DMC	Vérification de la compatibilité des joints avec l'NH3. Mise en place d'un capotage aux connexions condenseur avec détecteur NH3	12	D
H5	Vannes manuelles sur la partie LIQUIDE des condenseurs **EN EXTERIEUR**	Non étanchéité ou blocage	Impuretés ou inutilisation	Impossibilité d'isoler le circuit	Arrêt prolongé de l'installation	Odeur, arrêt d'urgence	13	D	Idem ci avant	12	D
H6		Détérioration du presse étoupe ou mauvais serrage	Usure, durcissement des joints, mauvaise qualité des joints	Fuite INTENSE à l'extérieur sous forme liquide, vapeur et aérosols	Voir scénario dans étude de danger avec risques pour les personnes présentes dans les zones	Odeur, arrêt d'urgence	33	DMC	Idem ci avant	12	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**CIRCUIT HP**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
H7	Faisceau d'échange constituant le **condenseur à eau et/ou le désurchauffeur dans SDM**	Percement	Corrosion	Fuite de NH3 dans l'eau glycolée	Arrêt de l'installation avec risque de fuite d'eau ammoniaquée au niveau des postes	Odeur NH3, manque NH3 dans circuit	24	DMC	Suivi qualité de l'eau, pose d'un Phmètre dans circuit EG	12	D
H8		Non ou mauvais fonctionnement	Défaut électrique, conditions ambiantes excessives ou manque d'eau.	Risque fonctionnement soupape de sécurité	Arrêt de l'installation	Pressostats HP	24	DMC	Maintenance préventive. Entretien et surveillance. Pose du pressostat HP de redondance	12	D
H12	Faisceau d'échange constituant le condenseur et circuit d'air et d'eau en **EXTERIEUR**	Percement	Corrosion	Fuite de NH3 dans l'eau ou dans l'air	Arrêt de l'installation avec risque de pollution des rejets; Voir scénario correspondant	Odeur NH3, manque NH3 dans circuit	24	DMC	Suivi qualité de l'eau, pose d'un Phmètre dans cuve tampon	12	D
H13		Non ou mauvais fonctionnement	Défaut électrique, conditions ambiantes excessives ou manque d'eau.	Risque fonctionnement soupape de sécurité	Arrêt de l'installation; Voir scénario correspondant	Pressostats HP	24	DMC	Maintenance préventive. Entretien et surveillance. Pose du pressostat HP de redondance	12	D
H14		Retour eau vers usine	Chute pression réseau ou autre	Risque contamination eau	Limité à l'exploitation	La tubulure d'amenée d'eau est au dessus du bassin	22	D	Suivi qualité de l'eau	12	D
H15	Tuyauteries Liquide HP avec accessoires, en **EXTERIEUR**	Fissure ou rupture	Voir tableau de causes de défaillance tuyauteries	Fuite INTENSE à l'extérieur sous forme liquide, vapeur et aérosols	Zones d'effets SEL et SEI en fonction des enjeux potentiels et leurs implantations.	Odeur NH3, manque NH3 dans circuit	33	DMC	Entretien régulier des tuyauteries par peinture et vérification de l'état des tuyauteries. Mise en place d'un capotage aux connexions condenseur avec détecteur NH3	12	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**CIRCUIT HP**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
H16	Tuyauteries Liquide HP avec accessoires, **dans SDM**	Fissure ou rupture	Voir tableau de causes de défaillance tuyauteries	Fuite INTENSE dans SdM sous forme liquide, vapeur et aérosols, puis en extérieur via l'extracteur	Zones d'effets SEL et SEI en fonction des enjeux potentiels et leurs implantations.	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	23	D	Idem ci dessus avec fermeture des bacs de rétention en SDM	12	D
H17	Réservoir HP En **EXTERIEUR**	Fissure ou rupture sur piquage ou niveau visible ou accessoires	Voir tableau de causes de défaillance tuyauteries	Fuite INTENSE en EXTERIEUR sous forme liquide, vapeur et aérosols	Idem ci dessus	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	22	D	Entretien régulier des tuyauteries par peinture et vérification de l'état des tuyauteries. Mise en place d'un capotage aux alentours du réservoir avec détecteur NH3	12	D
H18	Réservoir HP En **INTERIEUR**	Fissure ou rupture sur piquage ou niveau visible ou accessoires	Voir tableau de causes de défaillance tuyauteries	Fuite INTENSE dans SdM sous forme liquide, vapeur et aérosols	Idem ci dessus	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	23	D	Idem ci dessus avec fermeture des bacs de rétention en SDM	12	D
H19	Canalisation de Gaz chauds dans les combles ou locaux	Fissure ou rupture	Voir tableau de causes de défaillance tuyauteries	Emission NH3 gazeux dans les locaux puis à l'extérieur	Arrêt installation avec risques pour personnes présentes	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX, dégivrage pendant heures ouvrées.	23	D	Entretien régulier des tuyauteries par peinture et vérification de l'état des tuyauteries. Contrôle des sécurités et maintenance préventive.	12	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**CIRCUIT HP**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
H20	Soupape de sécurité à l'atmosphère	Ouverture à pression de tarage trop basse	Déréglage ou tarage trop faible ou par surpression "normale" d'ouverture	Emission NH3 à l'extérieur	Voir scénario correspondant, en cas de "crachage normal ou pas" dans étude de danger	Odeur, arrêt d'urgence, manque d'NH3	24	DMC	Contrôle des sécurités, maintenance préventive. Tenir une soupape en stock. Monter un **détecteur spécial soupape** pour alerter et éventuellement arrêter l'installation en cas de crachage de la soupape.	12	D
H21		Bloquée fermée	Corrosion, mauvais tarage déréglage, obstruction par bouchon de glace ou objet	Risque de rupture, si PHP défectueux et émission NH3 dans SdM	Risque pour les personnes présentes en SdM	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX, autres pressostats HP.	24	DMC	Contrôle périodique des sécurités, des soupapes (DESP) et collecter les évacuations des soupapes avec détecteur NH3. Pose d'un pressostat HP de redondance général HP	12	D

Pour le circuit HP	Nombre de défaillances moyennement crtiques **AVANT** préconisations =	**11**	**APRÈS** préconisations	**0**
	Nombre de défaillances CRITIQUES **AVANT** préconisations =	**0**	**APRÈS préconisations**	**0**

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**CIRCUIT BP ou/et MP**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
B1	Bouteilles BP et MP avec leur bouteillon de soutirage connecté, l'échangeur à plaquesNH3/ EG et système de récupération d'eau automatique du circuit en **INTERIEUR**	Fissure ou rupture sur piquage ou niveau visible ou accessoires en partie GAZ	Voir tableau de causes de défaillance tuyauteries. Impuretés ou inutilisation pour les accessoires	Emission NH3 gazeux dans la SdM	Risque pour les personnes présentes en SdM	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	22	D	Contrôle d'inspection des tuyauteries (suivant la réglementation sur les ESP), entretien régulier et vérification de l'état des accessoires.	11	D
B2		Fissure ou rupture sur piquage ou niveau visible ou accessoires en partie LIQUIDE	Idem ci dessus	Fuite INTENSE dans SdM sous forme liquide, vapeur et aérosols avec vidange totale ou partielle de la bouteille concernée	Arrêt en sécurité de l'installation. Activation de l'extracteur de sécurité et rejet de l'air ammoniaqué en extérieur	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	22	D	Idem ci dessus avec fermeture des bacs de rétention en SDM	11	D
B3		Surpression dans bouteilles	Isolement ou arrêt prolongé	Dépassement PMS avec risque de ruine bouteille	Idem ci dessus	Idem ci dessus. De plus les bouteilles sont protégées par des soupapes de sécurité.	22	D	Visite périodique DESP. Mise en place de procédures si arrêt prolongé Rehausse de la cheminée extraction	11	D
B4	Faisceau d'échange constituant l'échangeur **refroidisseur d'eau** glycolée	Percement	Corrosion	Fuite de NH3 dans l'eau glycolée	Arrêt de l'installation avec risque de fuite d'eau ammoniaquée au niveau des postes	Odeur NH3, manque NH3 dans circuit	14	D	Suivi qualité de l'eau, pose d'un Phmètre dans circuit EG	12	D
B5		Non ou mauvais fonctionnement	Défaut électrique, conditions ambiantes excessives ou manque d'eau.	Risque fonctionnement soupape de sécurité	Arrêt de l'installation	**Pressostats HP**	14	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance. Pose du pressostat HP de redondance	12	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**CIRCUIT BP ou/et MP**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
B6	Niveau de régulation bouteille MP	Blocage fermé	Impuretés ou problème électrique	Surchauffe compresseurs. Cavitation pompe par manque NH3. Augmentation niveau côté HP.	Arrêt de l'installation en sécurité	Thermostat surchauffe compresseur, anticavitation pompe, pressostats HP	14	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance.	12	D
B7		Blocage ouvert	Impuretés ou problème électrique	Diminution niveau NH3 côté HP	Risque de manque NH3 pour réfrigérants d'huile et augmentation niveau NH3 dans MP	Niveau haut bouteille MP. Thermostat huile compresseur	14	D	Idem ci avant	12	D
B8	Niveau de régulation bouteille BP	Blocage fermé	Impuretés ou problème électrique	Surchauffe compresseurs. Cavitation pompe par manque NH3. Augmentation niveau côté MP puis HP.	Arrêt de l'installation en sécurité haute MP ou HP	Thermostat surchauffe compresseur, anticavitation pompe, pressostats HP	14	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance.	12	D
B9		Blocage ouvert	Impuretés ou problème électrique	Mauvaise régulation de l'installation	Arrêt de l'installation en sécurité haute s'il y a surcharge d'NH3 dans l'installation	Niveau haut bouteille MP	14	D	Idem ci avant	12	D
B10	Niveau électrique de sécurité haute bouteilles MP ou BP	Blocage ouvert	Impuretés ou problème électrique	Risque d'aspiration de liquide par un compresseur	Arrêt de l'installation par pressostat différentiel d'huile ou surintensité	Pressostat différentiel d'huile compresseur. Disjoncteurs ou fusibles.	14	D	Maintenance préventive. Entretien et surveillance. Attention à bien contrôler la quantité globale d'ammoniac dans l'installation en ne la surchargeant pas	12	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**CIRCUIT BP ou/et MP**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
B11	Bouteillon de soutirage d'huile avec accessoires en phase de purge d'huile	Manque d'étanchéité du système de purge	Corrosion, usure, bouchon d'huile, erreur humaine	Emission NH3 gazeux ou/et liquide ou/et aérosols dans la SdM	Risque pour opérateur	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	13	D	Bien respecter les procédures en place avec utilisation des EPI	12	D
B12	Tuyauteries Liquide BP avec accessoires, dans SDM	Fissure ou rupture	Voir tableau de causes de défaillance tuyauteries	Fuite INTENSE dans SdM sous forme liquide, vapeur et aérosols avec vidange totale ou partielle de la bouteille concernée	Zones d'effets SEL et SEI en fonction des enjeux potentiels et leurs implantations.	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX, clapet de décharge.	13	D	Entretien régulier des tuyauteries par peinture et vérification de l'état des tuyauteries.	12	D
B13	Vannes manuelles sortie bouteilles	Fissure ou rupture	Prise en glace, inutilisation prolongée, impuretés	Idem ci dessus	Idem ci dessus	Idem ci dessus	13	D	Entretien régulier des vannes et manœuvre des vannes. Déglacage des vannes.	12	D
B14	Brides sur vannes	Fissure ou rupture après détérioration d'un joint	Joint non adapté, surpression, défaut de montage	Idem ci dessus	Idem ci dessus	Idem ci dessus	13	D	Faire les interventions sous couvert de procédures adaptées avec garantie de qualité des joints. Bien vérifier le serrage des brides à emboitement si possible.	12	D
B15	Pompes NH3	Eclatement	Liquide enfermé ou défaut de construction	Idem ci dessus	Idem ci dessus	Idem ci dessus et clapet de décharge sur pompes	12	D	Faire les interventions sous couvert de procédures adaptées en faisant attention de ne pas emprisonner du liquide NH3	11	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**CIRCUIT BP ou/et MP**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
B16	Soupape de sécurité à l'atmosphère	Ouverture à pression de tarage trop basse	Déréglage ou tarage trop faible ou par surpression "normale" d'ouverture	Emission NH3 à l'extérieur	Voir scénario correspondant, en cas de "crachage normal ou pas" dans étude de danger	Odeur, arrêt d'urgence, manque d'NH3	24	DMC	Contrôle des sécurités, maintenance préventive. Tenir une soupape en stock. Monter un détecteur spécial soupape pour arrêter l'installation en cas de crachage de la soupape.	12	D
B17		Bloquée fermée	Corrosion, mauvais tarage déréglage, obstruction par bouchon de glace ou objet	Emission NH3 dans SdM	Risque pour les personnes présentes en SdM	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX, autres pressostats HP.	23	D	Contrôle périodique des sécurités, des soupapes (DESP). Collecter les évacuations soupapes avec détecteur NH3.	12	D
B18	Poste complément charge NH3	Rupture flexible	Mauvais état du flexible	Emission NH3 liquide ou aérosols venant du flexible et bouteille de charge	Risque pour les personnes présentes en SdM	Procédure de charge qui se fait dans le ciel gazeux de la bouteille. Utilisation de flexible dûment adapté	23	D	Clapet de non retour sur poste. Présence obligatoire de 2 opérateurs pendant la charge.	12	D

Pour le circuit BP / MP	Nombre de défaillances moyennement crtiques **AVANT** préconisations =	**1**	**APRÈS** préconisations	**0**
	Nombre de défaillances CRITIQUES **AVANT** préconisations =	**0**	**APRÈS préconisations**	**0**

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**TOUTES PARTIES DE CIRCUIT**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
T1	Canalisation de l**iquide ou liquide avec vapeur** dans les combles ou niveau d**es postes**	Ouverture d'un circuit sous pression	Erreur humaine ou défaillance matériel	Emission NH3 gazeux ou/et liquide ou/et aérosols dans les locaux	Risque pour les personnes présentes au lieu, avec possibilités de pollution des EU ou EP. Arrêt prolongé d'exploitation	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	15	D	Procédures à mettre en place lors d'intervention (permis de feu, analyse des risques spécifiques encourus pendant des travaux…)	12	D
T2	Vannes ou vannes à contrepoids au niveau du liquide NH3 en **INTERIEUR**	Ouverture d'un circuit sous pression	Erreur humaine ou défaillance matériel	Emission NH3 gazeux ou/et liquide ou/et aérosols dans les locaux	Risque pour les personnes présentes au lieu, avec possibilités de pollution des EU ou EP. Arrêt prolongé d'exploitation	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur NH3 et extraction ATEX	15	D	Idem ci dessus	12	D
T3	Soupapes de sécurité à l'atmosphère pendant UN INCENDIE	Ouverture à pression de tarage trop basse	Ouverture des soupapes en cas d'incendie Accident majeur	Emission NH3 à l'extérieur	Voir scénario correspondant, en cas de "crachage " dans étude de danger Risques pour les secours.	Odeur, arrêt d'urgence, manque d'NH3, détecteur incendie dans la SdM et locaux avoisinant.Présence d'extincteurs.	33	DMC	Mise en place du périmètre de sécurité en cas de sinistres et bien respecter les programmes de contrôle extincteurs, détecteurs, (incendie NH3), gaz, moyens de transmission des alarmes.	12	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**TOUTES PARTIES DE CIRCUIT**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
T4	Passerelle technique de liaison entre Production et SDM	Effondrement	Effet missile ou ruine d'un des 2 bâtiments après incendie. Choc par un véhicule de manutention.	Emission NH3 à l'extérieur et fuite de gaz avec risques accrus d'explosion	Risques pour les personnes présentes Risques pour les secours.	La passerelle comporte un ensemble de tuyauteries solidement arrimées sur une armature acier. Il n'y a pas de matériel de régulation ou vannes sur cette passerelle. Elle est à 6mètres de hauteur par rapport au niveau du sol. Cette passerelle est située au dessus d'une pelouse dans passage d'engins particuliers.	31	D	Des panneaux avertisseurs seront mis dans la pelouse pour attirer l'attention d'éventuels manutentionnaires.Mise en place du périmètre de sécurité en cas de sinistres comme un incendie, qu'il soit issu de l'intérieur de l'usine ou des proches alentours	11	D
T7	N'importe quelle partie de circuit dans SDM ou en dehors SdM	Projectiles non identifiés	Attentat ou malveillance ou effets dominos de l'extérieur	Emission NH3 à l'extérieur	Risques pour les personnes présentes Risques pour les secours.	Le site est clôturé et la SdM est fermée à clef. L'installation est à plus de 50m dans l'intérieur des enceintes. Aucune autre installation pouvant générer des risques (explosion ou projectiles) n'est signalée dans un rayon de 500m.	32	D	Mise en place du périmètre de sécurité en cas de sinistres comme un incendie, qu'il soit issu de l'intérieur de l'usine ou des proches alentours	11	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**TOUTES PARTIES DE CIRCUIT**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE		EFFET sur le SYSTEME		DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
		Mode	Cause	LOCAL	GLOBAL						
T10	Inflammation suite à fuite NH3 avec présence point d'ignition	Action humaine ou automatique	Travaux avec point chaud, foudre, malveillance, court-circuit, électricité statique, système, éclairage défaillant	Inflammation peu probable du mélange air/NH3.(Voir document INERIS: retour d'expérience , l'NH3 et la réfrigération, SEI/BARPI EDO 389 de février 1995),	Augmentation de la durée de l'effet de fuite et/ou explosion avant intervention dans les locaux	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur incendie dans la SdM et locaux avoisinants. Protection électrique des matériels. Présence d'extincteurs. Mise en place de procédures d'intervention.Mise à la terre des équipements,	33	DMC	Respect des procédures d'intervention et de maintenance: accès dans locaux, plans d'intervention, permis de feu, contrôles annuels des réseaux électriques Mise en place du périmètre de sécurité en cas de sinistres comme un incendie, qu'il soit issu de l'intérieur de l'usine ou des proches alentours	12	D
T11	Incendie suite à fuite fuite NH3 et aérosols d'huile avec présence point d'ignition	Idem ci-dessus	Idem ci-dessus avec formations d'aérosols d'huile.	Inflammation peu probable du mélange air/NH3.(Voir document INERIS: retour d'expérience , l'NH3 et la réfrigération, SEI/BARPI EDO 389 de février 1995)	Augmentation de la durée de l'effet de fuite et/ou risque d'explosion avant intervention dans les locaux sachant que nous sommes dans un effet exceptionel de combinaisons de 3 dysfonctionnements. Cela peut aboutir au scénario d'exploson traité ci-après,	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur incendie dans la SdM et locaux avoisinants. Protection électrique des matériels. Présence d'extincteurs. Mise en place de procédures d'intervention.Mise à la terre des équipements.	33	DMC	Idem ci-dessus avec en plus l'interdiction de stocker des réserves d'huile (propre ou usagée) importante dans la SDM (supérieure à 100l)	12	D

Partie concernée de l'INSTALLATION :	**TOUTES PARTIES DE CIRCUIT**	D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique; DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Risque n°	Composant	DÉFAILLANCE Mode	DÉFAILLANCE Cause	EFFET sur le SYSTEME LOCAL	EFFET sur le SYSTEME GLOBAL	DÉTECTION ou PROTECTION	Criticité AVANT		RECOMMANDATIONS	Criticité APRES	
T12	Explosion d'ammoniac	Action humaine ou automatique	Travaux avec point chaud, foudre, malveillance, court-circuit, électricité statique, système, éclairage défaillant,dysfonctionnement des extracteurs	Explosion quasiment non possible du mélange air/NH3.(Voir document INERIS: retour d'expérience , l'NH3 et la réfrigération, SEI/BARPI EDO 389 de février 1995)	Augmentation partielle de la pression sur les parois en dur (parpaings) de la SDM (<50mb), sans détérioration du bâtiment,	Odeur, arrêt d'urgence, détecteur incendie dans la SdM et locaux avoisinants. Protection électrique des matériels. Présence d'extincteurs. Mise en place de procédures d'intervention.Mise à la terre des équipements,	22	D	Idem ci-dessus avec en plus la mise en place d'évents naturels de surpression par l'édicule des condenseurs et par les 3 grilles d'aération: air neuf, air chaud et air amoniaqué,	12	D
T13	Dysfonctionnement du ventilateur ATEX	Arrêt du ventilateur	Court-circuit, panne mécanique, maintenance de l'ensemble, coupure électrique	L'extraction de l'ammoniac ne peut plus se faire mécaniquement. L'extraction ne se fera que de manière naturelle par effet cheminée, via l'ouverture en partie haute et l'arrivée de l'air neuf par le bas de la SDM,	En cas de fuite NH3 le retour à l'état normal (sans présence d'ammoniac) sera beaucoup plus long. Cela se traduira par le fait que l'Exploitant ne pourra pas remettre en service son installation dans les meilleurs délais, ce qui le pénalisera	La SDM sera mise à l'arrêt automatiquement en cas de fuite NH3. Augmentation de la teneur d'ammoniac dans la SDM, (indication donnée par la centrale de mesure).	21	D	Mise en place de procédures de surveillance accrue en cas de dysfonctionnement de l'extraction, Tenir en stock les éléments de protection électriques du ventilateur, Installation de grille à ventelles dynamiques (ouverture par dépression),	12	D

Pour les Toutes parties de circuit	Nombre de défaillances moyennement crtiques **AVANT** préconisations =	**3**	**APRÈS** préconisations	**0**
	Nombre de défaillances CRITIQUES **AVANT** préconisations =	**0**	**APRÈS préconisations**	**0**

D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique;
DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Classement des criticités AVANT PRÉCONISATIONS

Criticité	Ensembles concernés					Défaillances			
	Compr pistons	Compr VIS	Circuit HP	Circuit BP/MP	Reste circuit	totales	non critiques	moyen nement critiques	critiques
11	0	0	**1**	0	0	**1**	**1**		
12	**1**	**1**	**2**	**3**	0	**7**	**7**		
13	**4**	**4**	**1**	**4**	0	**13**	**13**		
14	**10**	**11**	0	**5**	0	**26**	**26**		
15	0	0	0	0	**2**	**2**	**2**		
21	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**		
22	0	0	**1**	**3**	**1**	**5**	**5**		
23	0	0	**3**	**2**	0	**5**	**5**		
31	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**		
32	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**		
41	0	0	0	0	0	0	0		
24	**2**	**2**	**4**	**1**	0	**9**		**9**	
25	0	0	0	0	0	0		0	
33	0	0	**5**	0	**3**	**8**		**8**	
34	0	0	0	0	0	0		0	
42	0	0	0	0	0	0		0	
43	0	0	0	0	0	0		0	
51	0	0	0	0	0	0		0	
52	0	0	0	0	0	0		0	
35	0	0	0	0	0	0			0
44	0	0	0	0	0	0			0
45	0	0	0	0	0	0			0
53	0	0	0	0	0	0			0
54	0	0	0	0	0	0			0
55	0	0	0	0	0	0			0
	0 défaillan CRITIQUE pour Compr pistons	0 défaillan CRITIQUE pour Compr VIS	0 défaillan CRITIQUE pour Circuit HP	0 défaillan CRITIQUE pour Circuit BP/MP	0 défaillan CRITIQUE pour Reste circuit	79	**62**	**17**	**0**

A ce stade de l'analyse, **AVANT** mise en place des recommandations nous avons repéré:

79 défaillances possibles au total réparties comme suit :

62 défaillances non critiques

17 défaillances moyennement critiques que nous allons nous efforcer de faire disparaître

0 défaillances critiques

Remarque	Défaillances moyennement critiques				
	2	**2**	**9**	**1**	**3**
	pistons	Vis	HP	BP/MP	Reste

D=défaillance non critique;DMC=défaillance moyennement critique;
DC=défaillance critique **1er chiffre Gravité/ 2ème Probabilité**

Classement des criticités APRÈS PRÉCONISATIONS

Criticité	Ensembles concernés					Défaillances			
	Compr pistons	Compr VIS	Circuit HP	Circuit BP/MP	Reste circuit	totales	non critiques	moyen nement critiques	critiques
11	**1**	**1**	0	**4**	**2**	**8**	**8**		
12	**16**	**17**	**16**	**14**	**7**	**70**	**70**		
13	0	0	0	0	0	0	0		
14	0	0	0	0	0	0	0		
15	0	0	0	0	0	0	0		
21	0	0	0	0	0	0	0		
22	0	0	0	0	0	0	0		
23	0	0	0	0	0	0	0		
31	0	0	0	0	0	0	0		
32	0	0	0	0	0	0	0		
41	0	0	0	0	0	0	0		
24	0	0	0	0	0	0		0	
25	0	0	0	0	0	0		0	
33	0	0	0	0	0	0		0	
34	0	0	0	0	0	0		0	
42	0	0	0	0	0	0		0	
43	0	0	0	0	0	0		0	
51	0	0	0	0	0	0		0	
52	0	0	0	0	0	0		0	
35	0	0	0	0	0	0			0
44	0	0	0	0	0	0			0
45	0	0	0	0	0	0			0
53	0	0	0	0	0	0			0
54	0	0	0	0	0	0			0
55	0	0	0	0	0	0			0
	0 défaillan CRITIQUE pour Compr pistons	0 défaillan CRITIQUE pour Compr VIS	0 défaillan CRITIQUE pour Circuit HP	0 défaillan CRITIQUE pour Circuit BP/MP	0 défaillan CRITIQUE pour Reste circuit	78	**78**	**0**	**0**

A ce stade de l'analyse, **ET APRES** mise en place des recommandations il reste :

78 défaillances possibles au total réparties comme suit :

78 défaillances non critiques

0 défaillances moyennement critiques
Les risques restants sont ceux issus d'un projectile venant de l'extérieur ou d'un incendie

0 défaillances critiques

Remarque	Défaillances moyennement critiques				
	0	0	0	0	0
	pistons	Vis	HP	BP/MP	Reste

Justification des scénarii retenus				
Repère du risque dans l'analyse	**Origine de la fuite de la fuite**	**Commentaires**	**Repère du scénario résultant de ce risque**	
Risque P14	Soupape de sécurité à l'atmosphère sur compresseur à pistons	Le scénario considéré est celui avec toutes les soupapes fuyant en même temps, risque T3 en cas d'élévation de température anormale (incendie)	Scénario n°	**15**
Risque V15	Soupape de sécurité à l'atmosphère sur compresseur à vis	Idem ci-dessus	Scénario n°	**15**
Risque H20	Soupape de sécurité à l'atmosphère sur condenseur	Idem ci-dessus	Scénario n°	**15**
Risque B16 ou B17	Soupape de sécurité à l'atmosphère sur bouteille BP ou MP	Idem ci-dessus	Scénario n°	**15**
Risque B18	Flexible de charge	Le scénario majorant est le	Scénario n°	**13**
Risque T 3	Fuite simultanée sur toutes les soupapes de sécurité	Le scénario considéré est celui avec toutes les soupapes fuyant en même temps, risque T3 en cas d'élévation de température anormale (incendie)	Scénario n°	**15**
Risque H1	Fuite en phase VAPEUR du circuit HP en INTERIEUR	Le scénario majorant est le	Scénario n°	**10**
Risque V16 et P15	Fuite sur soupape bloquée fermée	Le scénario majorant est le	Scénario n°	**10**
Risque H16	Fuite en phase LIQUIDE du circuit HP en INTERIEUR		Scénario n°	**11**
Risque H12	Fuite sur le faisceau d'échange d'un des condenseurs évaporatifs		Scénario n°	**14**
Risque B2 B12 B13 B14 B15	Fuite en phase liquide BP dans la SDM liquide installation **en marche**		Scénario n°	**12**
Risque B3 B12 B13 B14 B15	Fuite en phase liquide BP dans la SDM installation **à l'arrêt**		Scénario n°	**13**

Atlantic Refrigeration Consulting

Annexe 6

Bonnes pratiques et mesures de sécurités : Rappel des exigences des textes réglementaires et de la norme NF EN 378

Frédéric LE BRONNEC
07/02/2025

Table des matières

Glossaire **2**

1. Textes applicables aux installations de réfrigération à l'ammoniac **3**

2. Principes d'évaluation des mesures **4**

2.1. Exigences réglementaires 4

2.2. Méthodes d'évaluation des barrières de sécurité 6

3. Bonnes pratiques de prévention **7**

3.1. Tableau de synthèse des mesures de prévention 7

3.2. Formation et exercices 8

3.3. Connaissance de la quantité d'ammoniac dans l'installation 9

3.4. Procédures et consignes opératoires (Mesure O) 10

3.5. Vérifications réglementaires (Mesure R) 12

3.5.1. Tableau de synthèse des contrôles 14

3.6. Limitation de la surpression (Mesure P) 15

3.6.1. Prévention des montées en pression 15

3.6.2. Pressostat (Haute Pression) 15

3.6.3. Soupapes de sécurité 16

3.7. Prévention des effets des vibrations (Mesure V) 18

3.8. Prévention des coups de liquide (Mesure L) 19

3.9. Prévention des chocs et bris mécaniques (Mesure B) 20

3.10. Prévention de la corrosion (Mesure C) 21

3.11. Prévention des fuites sur organes ou des tuyauteries (Mesure F) 22

3.12. Prévention échauffement du moteur (Mesure E) 22

3.13. Prévention des erreurs sur intervention (Mesure H) 23

3.13.1. Dispositions générales aux interventions 23

3.13.2. Exigences sur les opérations de purge 23

3.13.3. Exigences sur les points de transvasement (vidange ou remplissage) 24

3.14. Prévention de la dépression (Mesure D) 25

3.15. Prévention des effets des incendies (Mesures I) 26

4. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la fuite toxique (Mesure T) **30**

4.1. Détection de fuite : détection gaz 30

4.2. Détection de fuite : détection humaine et action humaine 35

4.3. Arrêt automatique des installations 36

4.4. Intervention humaine en cas d'urgence 37

4.4.1. Alarmes associées aux détecteurs 37

4.4.2. Commande sur des BAU générant des actions de sécurité 39

4.4.3. Intervention humaine dans la SDM 39
4.4.4. Protection des personnes 40
4.4.5. Ventilation de la salle des machines 40
4.5. Protection mécanique – Edicule condenseur 44
5. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de l'explosion (Mesure X) 45
6. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la pollution (Mesure P) 48

Glossaire

AFF	Association Française du Froid
APR	Analyse Préliminaire de Risques
BARPI	Pureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels
BP	Basse Pression
EDD	Etude de Dangers
ERC	Evènement Redouté Central
ERP	ERP Etablissement Recevant du Public
HP	Haute Pression
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
MMR	Mesure de Maîtrise des Risques
MP	Moyenne Pression
NC	Niveau de Confiance
PhD	Phénomène Dangereux
POI	
PPRT	Plan de Prévention des Risques Technologiques
SEI	Seuil des Effets Irréversibles
SEL	Seuil des Effets Létaux
SELS	Seuil des Effets Létaux Significatifs
SIL	Safety Integrity Level
TMD	TMD Transport de Marchandises Dangereuses
USNEF	USNEF Union Syndicale Nationale des Exploitations Frigorifiques

Cette annexe fait le lien entre les recommandations identifiées dans le rapport pour chaque mesure (de type bonnes pratiques ou mesures de maîtrise des risques) et les articles ou chapitres des textes réglementaires et des normes.

Dans un premier temps, les textes applicables sont rappelés.

1. Textes applicables aux installations de réfrigération à l'ammoniac

Les textes applicables aux installations soumises à autorisation sont de deux types :

- Des réglementations applicables à la rubrique 1136 de la nomenclature actuelle (emploi d'ammoniac) et rubrique 4735 de la nomenclature applicable à compter du 1er juin 2015 (transposition de la directive Seveso 3) :
  - L'arrêté du 16 juillet 1997 relatif aux installations de réfrigération employant l'ammoniac comme fluide frigorigène ; il est applicable aux installations de plus de 1,5 tonne d'ammoniac et ne concerne pas les installations frigorifiques à l'ammoniac qui sont incluses dans une installation de fabrication d'unité chimique dont l'exploitation est déjà soumise à autorisation ;
  - La circulaire n° 97-63 du 16/07/97 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement : Application de l'arrêté du 16/07/97 relatif aux installations de réfrigération employant de l'ammoniac comme fluide frigorigène ;
  - La circulaire du 10 décembre 2003 relative à application de l'arrêté ministériel du 16 juillet 1997 relatif aux installations de réfrigération employant l'ammoniac comme fluide frigorigène.
- La norme relative aux « Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur – Exigences de sécurité et d'environnement » ; la norme NF EN 378 (suivant les dernières versions) se compose des parties suivantes :
  - Partie 1 (version 2020) : Exigences de base, définitions, classification et critères de choix ;
  - Partie 2 (version 2017) : Conception, construction, essais, marquage et documentation ;
  - Partie 3 (version 2020) : Installation in situ et protection des personnes ;
  - Partie 4 (version 2019) : Fonctionnement, maintenance, réparation et récupération.

Le respect de la norme EN 378-3 chapitre 5 est imposé dans la réglementation.

D'autres réglementations plus générales applicables ne sont pas reprises dans ce document (réglementation équipement sous pression, déchets, eau…). De même les réglementations et normes citées ci-dessus font référence à d'autres normes qui ne sont pas reprises dans ce document.

- Directive 2014/68/UE « Equipements sous pression ».
- Arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression.

2. Principes d'évaluation des mesures

2.1. Exigences réglementaires

Les mesures de maîtrise des risques doivent répondre à des exigences réglementaires. **L'arrêté du 29 septembre 2005** relatif à « l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation » fixe des exigences générales d'évaluation de performances.

- Article 4 :

« Pour être prises en compte dans l'évaluation de la probabilité, les mesures de maîtrise des risques doivent être efficaces, avoir une cinétique de mise en œuvre en adéquation avec celle des événements à maîtriser, être testées et maintenues de façon à garantir la pérennité du positionnement précité. »

- Article 5 :

« L'adéquation entre la cinétique de mise en œuvre des mesures de sécurité mises en place ou prévues et la cinétique de chaque scénario pouvant mener à un accident doit être justifiée. Cette adéquation est vérifiée périodiquement, notamment à travers des tests d'équipements, des procédures et des exercices des plans d'urgence internes. »

L'arrêté du 29 septembre 2005 requiert donc la vérification des quatre critères d'efficacité, de temps de réponse adapté, de testabilité et de maintenabilité doivent être vérifiés.

L'arrêté du 16 juillet 1997 relatif « aux installations de réfrigération employant l'ammoniac comme fluide frigorigène » donne des exigences plus ciblées qui sont explicitées dans les paragraphes suivants relatifs aux différentes MMR.

De manière générale, l'arrêté du 16 juillet 1997 impose aussi :

- **Un système de conduite permettant au personnel d'identifier toute dérive et paramètres de conduite ;**
- **Des équipements et paramètres de fonctionnement importants pour la sécurité** des installations, qui doivent répondre à des exigences **de conception éprouvée, de maintenabilité et de testabilité.**

- Ainsi, l'article 39 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise :

« Le dispositif de conduite des installations est conçu de façon que le personnel concerné ait immédiatement connaissance de toutes dérives des paramètres de conduite par rapport aux conditions normales d'exploitation ».

L'exploitant détermine la liste des équipements et paramètres de fonctionnement importants, pour la sécurité des installations, en fonctionnement normal, en fonctionnement transitoire ou en situation accidentelle. Les paramètres importants pour la sécurité des installations sont mesurés, si nécessaire enregistrés en continu et équipés d'alarme.

Les équipements importants pour la sécurité sont de conception simple, d'efficacité et de fiabilité éprouvées. Ces caractéristiques doivent être établies à l'origine de l'installation, mais aussi être maintenues dans le temps. Les dispositifs sont conçus de manière à résister aux contraintes spécifiques liées aux produits manipulés à l'exploitation et à l'environnement du système (choc, corrosion. etc.). Ces dispositifs et en particulier, les chaînes de transmission sont conçues pour permettre de s'assurer périodiquement, par test de leur efficacité.

Ces équipements sont contrôlés périodiquement et maintenus en état de fonctionnement selon des procédures écrites. Les opérations de maintenance et de vérification sont enregistrées et archivées pendant trois ans.

Des consignes écrites doivent préciser la conduite à tenir en cas d'indisponibilité ou de maintenance de ces équipements.

- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que « l'exploitant doit contrôler :
    - L'existence et la pertinence d'une liste de paramètres, ainsi qu'une procédure pour les contrôler ;
    - La réalisation effective de ces contrôles ;
    - La réalisation d'essais de mise en sécurité de l'installation (après préparation de ces essais pour éviter les accidents). »

Les résultats des essais seront consultés.

L'article 46 de l'arrêté du 16 juillet 1997 **demande une alimentation électrique de secours en cas d'impossibilité de mettre en sécurité certains dispositifs de sécurité.**

« Si l'installation ou l'appareillage conditionnant la sécurité ne peuvent être mis en position de sécurité en cas de défaillance de l'alimentation électrique normale, l'exploitant s'assurera de la disponibilité de l'alimentation électrique de secours et cela particulièrement à la suite de conditions météorologiques extrêmes (foudre, températures extrêmes, etc.). »

La circulaire du 10 décembre 2003 précise que l'exploitant doit contrôler « l'existence d'une alimentation électrique secourue. »

La gestion des MMR passe par la réalisation de procédures écrites :

- Procédures écrites de contrôle périodique et de maintien en état ;
- Enregistrement des opérations de tests et maintenance ;
- Consignes écrites de conduite à tenir en cas d'indisponibilité de la MMR.

2.2. Méthodes d'évaluation des barrières de sécurité

Les barrières de sécurité sont évaluées en suivant la méthodologie :

- Oméga 10 pour les barrières techniques de sécurité ;
- Oméga 20 pour les barrières humaines de sécurité ou fiche n°7 de la circulaire du 10 mai 2010.

Ces méthodes sont accessibles sur le site internet de l'INERIS.

L'évaluation s'appuie sur les évaluations individuelles de chaque élément de la barrière (détection, traitement, action) mais c'est l'évaluation de la barrière globale qui est retenue dans les évaluations de probabilité des évènements.

Les critères d'évaluation (communs aux barrières techniques et humaines) sont :

- **L'indépendance** : faculté d'une barrière, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une part d'autres barrières, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.
- **L'efficacité** : Capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation
- **Le temps de réponse** : Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser
- **Le niveau de confiance** : il traduit la fiabilité de la barrière ;
- **Le maintien des performances** des barrières (testabilité, maintenabilité).

Le mode commun de défaillance doit être étudié. Il doit être pris en compte dans les évaluations des probabilités des phénomènes dangereux et accidents majeurs.

L'indépendance vis-à-vis des dispositifs de conduite pour les arrêts d'urgence et la mise en sécurité électrique des installations est requise explicitement dans la réglementation. Ainsi l'article 39 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : *« Des dispositions sont prises pour permettre, en toute circonstance, un arrêt d'urgence et la mise en sécurité électrique des installations. Les dispositifs utilisés à cet effet sont indépendants des systèmes de conduite. Toute disposition contraire doit être justifiée et faire l'objet de mesures compensatoires. Les systèmes de mise en sécurité électrique des installations sont à sécurité positive. »*

3. Bonnes pratiques de prévention

3.1. Tableau de synthèse des mesures de prévention

Le tableau ci-dessous récapitule les mesures (bonnes pratiques et mesures de sécurité) en prévention identifiées précédemment.

Précisions pour chacune des mesures indiquées dans ce paragraphe les exigences réglementaires (textes et articles associés) et les mesures indicatives ou obligatoires issues des normes (**EN 378-1-2-3-4 Système frigorifiques et pompes à chaleur** – Exigences de sécurité et d'environnement). **L'arrêté du 16 juillet 1997 demande que la salle des machines soit conforme aux normes en vigueur (article 3) et que le seuil de déclenchement de la détection ammoniac soit conforme aux normes en vigueur (article 42)**.

Numérotation des mesures	Intitulé général des bonnes pratiques et des mesures de sécurité en prévention et pour la maitrise des risques
O	Procédures de conduite et d'exploitation de l'installation
R	Vérifications réglementaires
P	Limitation de la montée en pression
V	Prévention des effets des vibrations
L	Préventions des coups de liquide
B	Prévention des chocs et bris mécaniques
C	Prévention de la corrosion
F	Prévention des fuites sur les organes ou tuyauteries
E	Prévention de l'échauffement excessif du moteur
H	Prévention des erreurs sur interventions
D	Prévention de la dépression
I	Prévention des effets des incendies
T	Prévention vis-à-vis de la fuite toxique
X	Prévention vis-à-vis de l'explosion
P	Prévention vis-à-vis de la pollution
N	Prévention des effets des causes naturelles
A	Prévention des effets des causes externes non naturelles

Tableau 1 : *Liste des bonnes pratiques et mesures de sécurité identifiées dans l'APR et les nœuds-papillons*

3.2. Formation et exercices

Formation des responsables et intervenants

L'exploitation doit se faire sous la responsabilité d'une personne nommément désignée et formé.

L'article 10 de l'arrêté du 16 juillet 1997 indique que « l'exploitation doit se faire sous la surveillance d'une personne nommément désignée par l'exploitant et spécialement formée aux dangers de l'ammoniac et aux spécificités des installations le mettant en œuvre. »

Les personnes intervenant sur les appareils à pression doivent être formées.

- L'article 12 de l'arrêté du 16 juillet 1997 indique : « Conformément aux dispositions de la réglementation des appareils à pression, le mode opératoire de soudage, les contrôles des soudures et l'aptitude professionnelle des soudeurs doivent faire l'objet d'une qualification. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 qu'il est nécessaire de « vérifier que les soudures ont été faites suivant les règles. » Pour cela les procédures sont consultées. De manière plus générale, la circulaire demande la consultation des dossiers canalisations et appareils à pression à la vérification de l'existence de procédures en cas de modification ou en cas de réparation.

Formation et exercices réguliers

Les personnes intervenant sur les appareils à pression doivent être formées.

- L'article 54 de l'arrêté du 16 juillet 1997 indique que L'exploitant doit veiller à la qualification professionnelle et à la formation sécurité de son personnel.
- Une formation spécifique est assurée pour le personnel affecté à la conduite ou à la surveillance des installations frigorifiques ainsi qu'au personnel non affecté spécifiquement à celles-ci, mais susceptible d'intervenir dans celles-ci.
- Cette formation doit notamment comporter :
    - Toutes les informations utiles sur l'ammoniac ;
    - Les explications nécessaires pour la bonne compréhension des consignes ;
    - Des exercices périodiques de simulation d'application des consignes de sécurité prévues par le présent arrêté, ainsi qu'un entraînement régulier au maniement des moyens de protection et d'intervention affectés à leur établissement. A la demande de l'inspecteur des installations classées, l'exploitant devra justifier les exercices qui ont été effectués ;
    - Un entraînement périodique à la conduite des installations frigorifiques en situation dégradée vis-à-vis de la sécurité et à l'intervention sur celles-ci.
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que pour contrôler la compétence du responsable de la surveillance de l'exploitation (stage sécurité ammoniac et vérification de la compétence technique), les attestations de stage sont à consulter.

- D'autre part, pour s'assurer de la formation du personnel, la circulaire précise que « l'exploitant doit contrôler :
  - Formation du personnel à la sécurité ;
  - Exercices périodiques ;
  - Poser des questions relatives à la sécurité au personnel technique susceptible d'intervenir en cas d'accident ;
  - Organisation d'exercices périodiques incendie et ammoniac (si possible avec la participation des sapeurs-pompiers locaux ;
- Les comptes-rendus des exercices périodiques seront consultés. »

3.3. Connaissance de la quantité d'ammoniac dans l'installation

La quantité d'ammoniac dans l'installation (circuit ou en réserve) doit être connue à tout moment. Un registre à jour doit exister ; les mouvements d'ammoniac doivent être justifiés.

- L'article 7 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise « L'exploitant doit tenir à jour un état indiquant la quantité d'ammoniac présente dans l'installation, le cas échéant stockée en réserve ainsi que les compléments de charge effectués. Cet état doit être tenu à la disposition de l'inspecteur des installations classées. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise qu'un registre de consommation mis à jour doit exister et que les mouvements de fluide doivent être justifiés.

3.4. Procédures et consignes opératoires (Mesure O)

Procédures de conduite et d'exploitation

Des procédures écrites doivent exister donnant **les règles de conduite de l'installation.**

Les consignes opératoires particulières telles que la purge d'huile, le remplacement de flexibles, le remplissage en ammoniac, la vidange, doivent être explicités.

Des consignes et procédures écrites doivent exister précisant **les contrôles à effectuer au cours des différentes phases** :

- Marche normale ;
- Mise à l'arrêt (normal ou prolongé) ;
- Remise en service après arrêt.

Il peut s'agir d'arrêt normal ou prolongé, lié par exemple à des opérations de modification, de maintenance.

Les contrôles concernent notamment le contrôle des dispositifs de sécurité et de traitement des pollutions.

- L'article 6 de l'arrêté du 16 juillet 1997 rappelle que « les consignes et les procédures d'exploitation de l'ensemble des installations doivent comporter explicitement la liste détaillée des contrôles à effectuer, en marche normale, à la suite d'un arrêt pour travaux de modification ou d'entretien des installations et à la remise en route après un arrêt prolongé pour d'autres causes que les travaux de maintenance et d'entretien. Elles doivent être tenues à disposition de l'inspection du travail et de l'inspection des installations classées. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que « l'existence de telles procédures doit être vérifiée (existence de règles de conduite de l'installation, de procédures en marche normale, de procédure pour mise à l'arrêt normal, de procédures pour mise à l'arrêt prolongé, de consignes opératoires particulières : purge huile, remplacement de flexibles (par exemple sur congélateurs à plaques), charge de l'ammoniac, travaux). »
- L'article 52 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise que : « les opérations pouvant présenter des risques (manipulation, etc.) doivent faire l'objet de consignes écrites tenues à jour et affichées dans les lieux fréquentés par le personnel. Ces consignes doivent notamment indiquer :
  - La fréquence de contrôle des dispositifs de sécurité et de traitement des pollutions et nuisances générées ;
  - […] »
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que les consignes de sécurité doivent être mises à jour et qu'il est nécessaire de s'assurer qu'elles sont bien affichées et connus par le personnel.

Maîtrise des travaux par points chauds

Des procédures doivent être écrites pour les travaux incluant les permis de feu.

- L'article 52 précise par rapport aux travaux : « Les opérations pouvant présenter des risques (manipulation, etc.) doivent faire l'objet de consignes écrites tenues à jour et affichées dans les lieux fréquentés par le personnel.
- Ces consignes doivent notamment indiquer :
  - […] ;
  - Les instructions de maintenance et de nettoyage, dont les permis de feu. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que les consignes de sécurité doivent être mises à jour et qu'il est nécessaire de s'assurer qu'elles sont bien affichées et connus par le personnel.

Maîtrise des dysfonctionnements des installations électriques

Des procédures de contrôle des installations électriques doivent exister et des rapports de contrôle établis.

- L'article 46 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise que « Toutes les installations électriques doivent être entretenues en bon état et doivent être contrôlées après leur installation ou modification. Un contrôle doit être effectué par un organisme agréé tous les trois ans au moins. Cet organisme doit très explicitement mentionner les défectuosités relevées dans son rapport de contrôle. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que les vérifications suivantes doivent être faites :
  - « Existence d'une procédure de contrôle des installations électriques ;
  - Existence d'un contrôle triennal des installations électriques ;
  - Vérifier que les contrôles sont bien faits et réalisés par un organisme agréé ;
  - Vérification de l'éclairage (sécurité ADF) avec alimentation séparée ;
  - Existence d'une alimentation électrique secourue ;
  - Pour cela les rapports de contrôles électriques et les procédures de contrôles électriques seront consultés.

Précisions

Bien que ce ne soit pas explicite dans la réglementation, des procédures doivent exister aussi concernant l'entreposage des bouteilles, la surveillance du local technique par un employé travaillant seul.

3.5. Vérifications réglementaires (Mesure R)

Des visites ou vérifications de l'installation par une personne compétente doivent être réalisées :

- Au moins une fois par an (inspection annuelle)
- Avant la première mise en service (vérification) ;
- À la suite d'un arrêt prolongé du système de réfrigération, après une modification notable ou après des travaux de maintenance ayant nécessité un arrêt de longue durée (vérification).

Les vérifications font l'objet d'un compte-rendu.

En particulier, l'état des tuyauteries doit faire l'objet de contrôles réguliers, tracées. L'étanchéité des réservoirs doit aussi être contrôlée.

- L'article 9 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise qu' « avant la première mise en service ou à la suite d'un arrêt prolongé du système de réfrigération, après une modification notable au sens de l'article 20 du décret du 21 septembre 1977 susvisé ou après des travaux de maintenance ayant nécessité un arrêt de longue durée, l'installation complète doit être vérifiée. Cette vérification est à réaliser par une personne ou une entreprise compétente ; désignée par l'exploitant avec l'approbation de l'inspection des installations classées. Cette vérification doit faire l'objet d'un compte rendu écrit tenu à la disposition de l'inspecteur des installations classées inséré au dossier de sécurité. Les frais occasionnés par ces vérifications sont supportés par l'exploitant.
- Une visite annuelle de l'installation frigorifique est effectuée par une personne ou une entreprise compétente nommément désignée par l'exploitant avec l'approbation de l'inspection des installations classées. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 indique que tous les documents relatifs à l'installation doivent être accessibles pour les inspections à la mise en service et après arrêt prolongé.
- L'article 51 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Leur bon état de conservation doit pouvoir être contrôlé selon les normes et réglementations en vigueur. Ces contrôles donnent lieu à compte rendu et sont conservés durant un an à la disposition de l'inspecteur des installations classées. »
- L'article 32 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « L'étanchéité du (des) réservoir(s) associé(s) doit pouvoir être contrôlée à tout moment. »
- L'article 56 précise : « Un contrôle d'étanchéité doit être effectué avant remplissage de l'installation et à l'issue de chaque intervention affectant le circuit emprunté par le frigorigène. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 demande une « procédure de contrôle des tuyauteries et de vérifier le contrôle périodique des tuyauteries comportant notamment un contrôle visuel (corrosion, …) de celles-ci et de leurs protections. »
- Les rapports de contrôle seront consultés.

- Arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression.
- La réglementation française, Code de l'Environnement* complété par l'Arrêté du 20/11/2017** et par le CTP*** « Système Frigorifique » stipule qu'en temps qu'exploitant d'un système frigorifique sous pression, les opérations réglementaires suivantes doivent être contrôlées :
    - Recenser (Liste) les équipements Sous Pression frigorifiques (ESP) soumis ;
    - Constituer un Dossier d'Exploitation (DE) par système frigorifique ;
    - Rédiger un plan d'inspection (PI) par système frigorifique ;
    - Procéder aux Déclarations de Mise en Service (DMS des ESP concernés ;
    - Procéder à la vérification initiale (VI) pour chaque système frigorifique ;
    - Procéder aux inspections périodique (IP) pour chaque système frigorifique (tous les 24 ou 48 mois maxi suivant les cas) ;
    - Procéder aux requalifications périodiques (RP) pour chaque système frigorifique (tous les 6 ou 12 ans suivant les cas) ;

* Code de l'Environnement : articles R557-14-1 à R557-14-8
** Arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simples ;
*** Cahier Technique Professionnel du 23 juillet 2020 pour le suivi en service des systèmes frigorifiques sous pression (approuvé par la décision BSERR n°20-037 du 19 août 2020) ;

3.5.1. Tableau de synthèse des contrôles

Liste des contrôles à vérifier annuellement (suivant l'article 9 de l'arrêté du 16 juillet 1997), ces contrôles sont nécessaires pour le maintien dans le temps de l'efficacité des barrières de sécurité :

	Désignation	Périodicité
EDD	EDD à jour (Article 13 & 14)	
AUDIT	Audit suivant l'arrêté du 16 juillet 1997	Annuelle
	Maitrise des risques incendies (Articles 44, 45, 46, 48)	
	Contrôle détection incendie	Semestrielle
Q1	Systèmes d'extinction automatique à eau de type sprinkler (R1)	6 mois
Q4	Vérification extincteurs (R4 règles APSAD)	Annuelle
Q5	Vérification RIA (R5 règles APSAD)	Annuelle
Q17	Système de désenfumage (R17 règles APSAD)	Annuelle
Q18	Contrôle des installations électriques (isolement)	Annuelle
Q19	Contrôle des installations électriques (thermographie)	Annuelle
	Maitrise des risques dysfonctionnement de l'installation (Articles 39, 42)	
EIPS	Contrôle des EIPS	Annuelle
EPI	Contrôle des équipements de protection individuel	Annuelle
NH3	Contrôle du système de détection ammoniac	Annuelle
ARI	Contrôle des ARI	Annuelle
	Maitrise des risques surpressions (Article 47, 49, 50, 51)	
ESP_R	Requalification	6 ans
ESP_I	Inspection ESP	24 mois
ESP_I	Inspection ESP	48 mois
ESP_ECH	Equipement échangeur à plaques (avant 2014)	Annuelle
TARAGE	Vérification test tarage soupapes ou remplacement	6 ans
TUY	Inspection des réseaux de tuyauteries	48 mois
	Maitrise des risques de pollutions des eaux (Articles 27 & 28)	
AMR	AMR (système de refroidissement d'eau dans flux d'air)	
LEG	Analyse de la concentration en Legionella pneumophila	Bimensuelle
NET	Nettoyage préventif	Annuelle
	Maitrise des risques naturels (Article 24)	
ARF	Analyse du Risque Foudre	
VC	Vérification Complète	
VVF	Vérification Périodique Visuelle Foudre (art 04/10/2010)	Annuelle
	Contrôle du niveau de Bruit (Article 25)	
BRUIT	Analyse de niveau de bruit	3 ans
	Agrément préfectoral traitement des déchets (Article 38)	
RECUP	Agrément préfectoral de l'entreprise de retraitement	5 ans

3.6. Limitation de la surpression (Mesure P)

3.6.1. Prévention des montées en pression

Sources chaudes au niveau des évaporateurs et des condenseurs

L'installation est conçue pour limiter les montées en pression, notamment par rapport à la présence de sources chaudes.

Des mesures sont prises pour prévenir les montées en pression par échauffement lié à la présence d'une source chaude.

- La partie 3 de la norme NF EN 378 précise que « Si les évaporateurs ou les refroidisseurs à air sont installés à proximité des sources de chaleur, des mesures effectives doivent être prises pour empêcher les évaporateurs ou les refroidisseurs d'être exposés à une chaleur excessive, qui provoque des pressions élevées.
- Les condenseurs et les réservoirs de liquides ne doivent pas être placés à proximité des sources de chaleur.
- Si une partie du circuit de réfrigération ou circuit du fluide frigorigène peut atteindre une température qui est supérieure à la température correspondant à la pression maximale admissible (par exemple en raison d'un système de dégivrage électrique, un système de dégivrage utilisant de l'eau chaude ou d'un nettoyage au moyen d'eau chaude ou de vapeur), le liquide qui y est contenu doit pouvoir s'échapper vers l'autre partie du système dans laquelle cette température plus élevée ne domine pas. Si nécessaire, le système doit être équipé d'un réservoir en liaison permanente avec l'appareil en question. »

Montée en température en sortie de compresseur

Le compresseur est équipé de systèmes de régulation et de contrôle qui évitent une température excessive au refoulement du compresseur.

3.6.2. Pressostat (Haute Pression)

Un pressostat à l'aval du(des) compresseur(s) est usuellement utilisé comme 1ère barrière de limitation de la pression. Il agit en détection de montée en pression et coupe le contacteur du compresseur.

Le pressostat doit répondre à des exigences d'indépendance avec la conduite et ne doit pas être électronique.

- La partie 2 de la norme NF EN 378 précise : « Si les dispositifs électromécaniques sont utilisés pour protéger le système de réfrigération contre les excès de pression, ils ne doivent pas être utilisés à des fins de commande. […] Les commandes électroniques ne doivent pas être utilisées en tant que dispositifs de sécurité pour limiter la pression. »
- Au § 6.2.6, elle précise : « Si possible, des dispositifs de limitation de la pression doivent être utilisés pour arrêter la surpression avant de solliciter le dispositif limiteur de pression. »

3.6.3. Soupapes de sécurité

Equipements équipés de soupapes

Deux types d'installations doivent être protégés contre la surpression par la mise en œuvre de soupapes : il s'agit des capacités et de toute partie d'installation contenant de l'ammoniac liquide pouvant être isolée en phase normale.

A noter que des tuyauteries liquides isolables par des vannes manuelles qui ne peuvent pas être fermées par d'autres personnes que des personnes compétentes et avec un outil spécifique n'ont pas être protégées par des dispositifs de limitation de la pression.

- L'article 49 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Un dispositif limiteur de pression doit être placé sur toute enceinte ou portion de canalisation, qui en régime normal peut être isolé par la fermeture d'une ou de plusieurs vannes sur phase liquide. » L'article 50 précise : « Chaque réservoir est équipé en toutes circonstances, hormis pendant le temps de remplacement immédiat pour entretien, de deux dispositifs limiteurs de pression au moins, montés en parallèle et ayant une pression de levée au plus égale à la pression maximale en service. Si n est le nombre de dispositifs limiteurs de pression, n-1 dispositifs limiteurs de pression doivent pouvoir évacuer le gaz de telle sorte que la pression à l'intérieur du réservoir n'excède jamais plus de 10% la pression maximale de service. »
- La partie 2 de la norme NF EN 378 précise (§ 6.2.6.2 – Figure 1) que « pour sections liquides isolables, la protection peut être assurée en ayant un robinet normalement ouvert qui ne peut être fermé que par une personne compétente et avec un outil. »
- Au § 6.2.6, elle précise : « le système de réfrigération et le circuit caloporteur à eau chaude doivent être protégés par des dispositifs de protection. […] La protection du système (récipient, compresseur…) dépend de ses caractéristiques :
  - 1 ou 2 dispositifs sur chaque récipient ; 2 sont requis avec robinet de substitution si récipient de catégorie IV ;
  - Pour un compresseur volumétrique entrainant un volume > 25 L/s, 1 dispositif limiteur de pression en parallèle à 1 ou 2 pressostats de sécurité. »

Mesures relatives à l'échappement des soupapes

Le rejet des différentes soupapes doit être collecté en zone sûre et doit permettre d'éviter les réintroductions d'ammoniac dans les bâtiments ou la salle des machines. Usuellement le rejet s'effectue en toiture de bâtiment.

La contrepression au refoulement doit être limitée et compatible avec la conception de la soupape. En particulier, l'isolement par des vannes ou l'obstruction ne doivent pas être possibles.

La décharge simultanée des soupapes doit être possible.

- L'article 49 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise « Les échappements des dispositifs limiteurs de pression (soupapes. Disques de rupture, etc.) doivent être captés sans possibilité d'obstruction accidentelle. Si le rejet peut entraîner des conséquences notables pour l'environnement et les personnes, il doit être relié à un dispositif destiné à recueillir ou à neutraliser l'ammoniac (réservoirs de confinement, rampe de pulvérisation, tour de lavage, etc.) »

- La partie 3 de la norme NF EN 378 précise (§ 5 .8) : « Les tuyaux de décharge provenant des dispositifs limiteurs de pression, des soupapes de sécurité et des bouchons fusibles peuvent diffuser la charge dans l'air par des moyens adéquats mais loin de toute prise d'air du bâtiment ou peuvent décharger en quantité adéquate dans un matériau absorbant approprié. »
- La partie 2 de la norme précise (§ 6.2.6) que : « l'échappement ne doit pas mettre en danger les biens et les personnes. […] La possibilité de recueil d'eau dans le circuit de collecte, de gel dans les tuyauteries, d'accumulation de poussières ou de débris doit être prise en compte. […] Il ne doit pas y avoir de robinets d'isolement dans les conduites d'entrée ou de sortie des dispositifs de limiteurs de pression. ».

Note : L'intensité des effets du rejet doit être évaluée dans l'étude de dangers.

Note : le rejet des soupapes dans la salle des machines est proposé sous conditions dans la norme uniquement pour les fluides de type A1, excluant ainsi l'ammoniac.

Indication de l'ouverture des soupapes

La partie 2 de la norme NF EN 378 demande (pour les installations de plus de 300 kg d'ammoniac) la présence d'un indicateur pour savoir si la soupape a déchargé à l'atmosphère (§6.2.6.5)

Ainsi, « Un indicateur doit être prévu pour vérifier, pendant la maintenance, si la soupape a déchargé à l'atmosphère ». Ce peut être : « un piège en U rempli d'huile, un manomètre indiquant le maximum entre la soupape et le disque de rupture, une installation en amont des disques de rupture avec surveillance discontinue et dispositif d'alarme de pression (limiteur de pression) […], un capteur de gaz dans la conduite de refoulement, utilisation de soupapes avec joint doux, surveillance de la pression de la section protégée et dispositif d'alarme à la station surveillée en permanence […] ».

Position des soupapes

La partie 2 de la norme précise que (§ 6.2.6.6) : « Les dispositifs limiteurs de pression sont raccordés au-dessus de la phase liquide, à l'exception des dispositifs de protection contre les effets de dilatation du liquide. »

3.7. Prévention des effets des vibrations (Mesure V)

Les compresseurs volumétriques présents dans l'installation sont susceptibles d'engendrer des vibrations pouvant conduire à des fuites en cas de vibrations excessives.

Les bonnes pratiques consistent à réaliser une étude des vibrations et de prévoir régulièrement (au moins une fois tous les trois ans) des contrôles de vibrations sur les équipements motorisés.

Une analyse vibratoire sera réalisée à la mise en service pour établir le spectre vibratoire de chaque compresseur et pourra ainsi servir de référence pour de futurs contrôle.

- L'article 25 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise que « si un risque de vibration existe, l'étude de ses effets sur les catégories de construction ou ouvrage doit être confiée à des personnes compétentes ou à un organisme qualifié et conformément aux règles techniques annexées à la circulaire du 23 juillet 1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement. La périodicité et la nature de ces contrôles doivent être définies en accord avec l'inspecteur des installations classées. »
- La circulaire du 10 décembre 2010 précise qu'une « étude relative aux vibrations induites par les équipements motorisés doit exister, et qu'il faut veiller au respect de la périodicité des contrôles définis en accord avec l'inspecteur et au moins une fois tous les trois ans (cf. arrêté type 1136) ».
- La partie 2 de la norme NF EN 378 (§ 6.2.3.3.4) précise que « des dispositions doivent être prises pour éviter des pulsations ou des vibrations excessives. Des mesures particulières doivent être prévues pour empêcher la transmission directe du bruit ou des vibrations à ou à travers les structures de supports et aux équipements connectés. » La norme note qu' « il convient d'effectuer l'évaluation des vibrations ou des pulsations lorsque le système est en service, à la température de condensation maximale et dans les conditions initiales et d'arrêt qui ont l'effet le plus nuisible sur les tuyauteries. »

3.8. Prévention des coups de liquide (Mesure L)

L'installation doit être conçue pour prévenir les coups de liquide, au niveau des tuyauteries et en amont des compresseurs.

Un des dispositifs requis est la mise en place d'un indicateur de niveau sur les capacités de liquide.

Un dispositif anti-coup de liquide est également requis en amont des compresseurs.

Le réseau de tuyauterie devra être conçu pour éviter les coups de bélier, un contrôle devra être réalisé pour contrôler qu'il n'y aura pas de piège à liquide lors de la conception.

Le dégivrage d'un évaporateur doit respecter la phase de vidange avant l'introduction des gaz chaud. Sinon la vitesse des gaz peut entrainer des vagues et aboutir à la création d'un « boulet » qui peut être à l'origine de fuite d'ammoniac.

- L'article 47 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Toutes dispositions doivent être prises pour éviter un retour d'ammoniac liquide en entrée des compresseurs en fonctionnement normal ou dégradé des installations de production de froid. » L'article 50 précise « Les capacités accumulatrices (réservoirs basse pression, moyenne pression, haute pression) doivent posséder un indicateur de niveau permettant d'en contrôler le contenu ». En particulier le niveau haut est obligatoire.
- La partie 2 de la norme NF EN 378 indique (§ 6.2.3.3.4) : « les tuyauteries des systèmes de réfrigération doivent être conçues et installées de façon à ce que les coups de bélier (choc hydraulique) ne puissent pas endommager le système. »
- La partie 2 de la norme NF EN 378 indique (§ 6.2.7.3) : « les réservoirs contenant plus de 25 kg d'ammoniac (B2) et qui peuvent être isolés doivent être équipés d'un indicateur de niveau de liquide » Au § 6.2.8 il est précisé : « les systèmes doivent être conçus de telle sortie que l'ammoniac, l'huile ou un mélange ne puisse retourner et endommager le compresseur. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 demande, en lien avec l'article 47, sur la base de la documentation réglementaire sur les appareils à pression, de procéder au contrôle :
  - Existence de la documentation réglementaire sur les appareils à pression ;
  - Contrôle des appareils à pression et des canalisations ;
  - Contrôle visuel des appareils à pression, des canalisations et de leurs accessoires ;
  - Des arrêts d'urgence ;
  - Des dispositifs anti-coup de liquide ;
  - Contrôle des dispositifs d'arrêt du compresseur ;
  - Vérification de l'absence du retour possible d'ammoniac liquide (dispositif anti-coup de liquide).

- Elle précise aussi, en lien avec les articles 49/50, sur la base du plan des circuits d'ammoniac, de contrôler :
  - « Existence de dispositif de décharge sur la ligne liquide (sur plan) et de soupapes sur la phase gazeuse ;
  - Contrôle périodique des soupapes ;
  - Protection contre les chocs ;
  - Présence des soupapes et dispositifs de décharge (soupapes double montées sur robinet inverseur pour les capacités) ;
  - Vérification de leur marquage (tarage et débit) ;
  - Contrôle périodique des soupapes (cf. IPS) ;
  - Position des évacuations ;
  - Des indicateurs de niveau. »
- L'arrêté du 25 avril 1979 (cf. annexe A) précise que les compresseurs volumétriques doivent être équipés d'un dispositif anti-coup de liquide.

3.9. Prévention des chocs et bris mécaniques (Mesure B)

Pour prévenir les pertes de confinement par chocs ou bris mécaniques sur les capacités, les tuyauteries ou les organes sensibles (vannes de purges, fûts de transvasement…), ces équipements doivent être protégés. Selon leur position on retient les dispositions suivantes :

- Protection par des gardes métalliques suffisamment robustes ou murs de rétention pour les équipements n'étant pas au plafond ;
- Installation en hauteur des équipements ; on veillera cependant à ce qu'ils soient protégés vis-à-vis de l'empilement des charges (cas des évaporateurs dans les entrepôts frigorifiques) ;
- Supports suffisamment rapprochés et résistants (vis-à-vis des impacts ou des surpoids liés par exemple à des excès de givre sur des évaporateurs).

- L'article 51 de l'arrêté du 16 juillet 1997 donne une recommandation générale pour les tuyauteries « Elles doivent être efficacement protégées contre les chocs. ». L'article 49 précise : « Les installations, et en particulier les réservoirs, canalisations, équipements contenant de l'ammoniac liquide, gazeux ou biphasique, doivent être protégées pour éviter d'être heurtées ou endommagées par des véhicules, des engins ou des charges, etc. A cet effet, il doit être mis en place des gabarits pour les canalisations aériennes, les installations au sol et leurs équipements sensibles (purge, etc.) et des barrières résistant aux chocs. »
- L'article 55 relatif aux opérations de transvasement précise : « Le véhicule-citerne doit être disposé de façon qu'il ne puisse au cours de manœuvre endommager l'équipement fixe ou mobile servant au transvasement ainsi que tout autre équipement ou dispositif de sécurité de l'installation de réfrigération. De plus, il doit être immobilisé la cabine face à la sortie. »

3.10. Prévention de la corrosion (Mesure C)

Les équipements doivent être protégés contre la corrosion. Les tuyauteries doivent être conçues avec les matériaux et revêtements adaptés en respectant les réglementations (équipements sous pression, compresseurs…).

Dans le cas de l'utilisation d'acier carbone, il sera mis en place de la bande grasse sur les tuyauteries avant isolation. La bande grasse sur les séparateurs de liquide est aussi une bonne pratique.

Des vérifications réglementaires doivent aussi avoir lieu régulièrement (cf. 3.3).

On peut aussi recommander que le bouteillon d'huile soit de construction inox (Ceci n'a pas de caractère obligatoire, mais par expérience avec le temps le bouteillon est un élément qui se détériore).

- L'article 51 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise que les tuyauteries « doivent être efficacement protégées contre la corrosion. […] Les canalisations sont maintenues parfaitement étanches. Les matériaux utilisés pour leur réalisation et leurs dimensions doivent permettre une bonne conservation de ces ouvrages. »
- L'article 47 de l'arrêté du 16 juillet 1997 fait un lien avec les réglementations. « L'installation doit être conforme en tous points à la réglementation en vigueur concernant les appareils à pression de gaz, les compresseurs frigorifiques et les canalisations d'usine. La prise en compte des normes en vigueur est recommandée pour l'installation de production et de mise en œuvre du froid. Les matériaux servant à la fabrication des tuyauteries vannes et raccords pouvant être soumis à des basses températures doivent avoir une résistance suffisante pour être en toute circonstance, exempts de fragilité. »
- L'article 2 indique « La conception, la réalisation et l'entretien des installations doivent prendre en compte les risques de corrosion due aux phénomènes de condensation de l'humidité de l'air. »
- La partie 2 de la norme NF EN 378 (§ 6.2.3.3.4) précise que « les tuyaux et les composants en acier doivent être protégés contre la corrosion à l'aide d'un revêtement antirouille, en particulier avant de poser toute isolation. Les adhésifs utilisés pour l'isolation ne doivent pas réagir ou dissoudre la couche inoxydable appliquée. »

3.11. Prévention des fuites sur organes ou des tuyauteries (Mesure F)

Organes reliés directement à l'atmosphère

Pour prévenir les fuites sur les organes directement reliés à l'atmosphère, la norme précise : « Les sorties des vannes en communication directe avec l'atmosphère sont obturées (bouchons de fin de ligne etc.). »

Les points de purges seront obturés par des bouchons adaptés. L'expérience montre que l'utilisation de bouchon inox est recommandée, recouvert de bande grasse pour les parties soumises au gel ou à la condensation.

- La partie 2 de la norme NF EN 378 (§ 6.2.3.4.2.2) indique que « les tuyauteries non utilisées en temps normal doivent être équipées d'un capuchon démontable ou non ou d'un dispositif équivalent. » Elle indique aussi que « les dispositifs d'arrêt, qu'il n'est pas prévu d'actionner en marche normale, doivent être protégés contre toute manipulation non autorisée. »

Dilatation et contraction des tuyauteries

Les tuyauteries sont équipées de systèmes pour faire face aux dilatations et contractions.

La partie 2 de la norme NF EN 378 (§ 6.2.3.3.4) précise que « des dispositions doivent être prises pour la dilatation et la contraction des grandes longueurs de tuyauteries. »

Protection des flexibles

La partie 2 de la norme NF EN 378 précise que « les éléments de tuyaux flexibles doivent être protégés contre les dommages mécaniques, les contraintes excessives par torsion ou par d'autres forces. Des dispositions pour des contrôles réguliers (inspection visuelle) doivent être prises. »

Limitation des fuites sur la pompe de transfert d'ammoniac

La règle de l'art consiste à utiliser des pompes avec moteur hermétique ou des pompes avec double étanchéité.

Le fonctionnement à vide de la pompe doit être surveillé. Le risque en cas d'absence de fluide est d'endommager le système d'étanchéité et les garnitures.

Pour prévenir l'endommagement de la pompe par cavitation, si une vanne automatique est installée en amont de la pompe et que cette vanne peut être commandée à distance, la commande devra aussi arrêter la pompe. Un pressostat différentiel entre amont et aval de la pompe permet de prévenir un endommagement de la pompe par cavitation...

Ces exigences sont issues de la norme NF EN 378 (partie 2, annexe A).

3.12. Prévention échauffement du moteur (Mesure E)

On se reportera aux systèmes de conduite et de régulation décrits dans le chapitre sur la description des installations.

3.13. Prévention des erreurs sur intervention (Mesure H)

Ce chapitre présente les mesures générales de prévention des erreurs sur intervention (ce ne sont pas des MMR en tant que telles).

Puis les mesures spécifiques relatives aux interventions particulières sont explicitées :

- Opérations de purges,
- Transvasement.

3.13.1. Dispositions générales aux interventions

Pour prévenir les erreurs en phase d'intervention, des consignes d'intervention doivent être rédigées pour toutes les phases d'intervention (cf. § 3).

Le repérage des équipements (tuyauteries et vannes) doit être fait correctement.

Plan (PID) d'intervention avec vannes mises en évidences et procédure associée.

- L'article 8 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise que « les vannes et les tuyauteries doivent être d'accès facile et leur signalisation conforme aux normes applicables ou à une codification reconnue. Les vannes doivent porter de manière indélébile le sens de leur fermeture. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 que l'accessibilité et la signalisation des vannes et tuyauteries doivent être vérifiées.
- Il doit y avoir une hauteur de dégagement d'au moins 2,1 m sous les équipements situés au-dessus des passerelles et des postes de travail permanents. Les exigences relatives à l'échafaudage doivent être conformes à l'EN ISO 14122-2.

3.13.2. Exigences sur les opérations de purge

Les points de purge sont susceptibles d'engendrer des fuites. Des mesures doivent être prises pour les prévenir : deux vannes dont une à contrepoids ou une seule vanne cumulant les deux fonctions d'arrêt automatique et d'arrêt manuel.

Un point de captage est demandé par la norme. En pratique, les purges d'air sont réalisées en connectant un flexible dans de l'eau. Les purges d'huile ne font pas intervenir de point de captage.

Une instruction du fabricant doit indiquer la marche à suivre pour réaliser les purges en minimisant les émissions.

- L'article 43 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Les points de purge doivent être munis de deux vannes, dont une à contrepoids ou équivalent, et doivent disposer d'un point de captage permettant de renvoyer le liquide ou le gaz vers un dispositif de neutralisation. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 demande le « contrôle de la conformité de la purge d'huile. »
- La partie 2 de la norme NF EN 378 précise (§ 6.2.3.4.2.2) : « Lorsque les instructions de service exigent des vidanges régulières d'huile, le fabricant doit fournir des instructions avec le moins d'émissions possibles dans l'environnement. Pour les conduites de vidange d'huile utilisée en marche normale : des robinets d'arrêt automatiques doivent être installés s'il y a des risques de rejet d'ammoniac. […] Dans les séparateurs de liquides et les réservoirs, un robinet d'arrêt automatique doit être installé pour vidanger l'huile accumulée. Un robinet d'arrêt avec tige horizontale doit aussi être installé en amont de celui-ci, sinon un robinet cumulant les deux fonctions. »

3.13.3. Exigences sur les points de transvasement (vidange ou remplissage)

Les phases de remplissage et de vidange d'installation peuvent générer des pertes de confinement.

Des mesures techniques sont prises pour :

- Eviter les fuites ;
- Collecter les fuites éventuelles.

Des mesures organisationnelles sont également prises (cf. chapitre 3).

Utilisation de flexibles

Les flexibles utilisés doivent être réalisée avec **un certificat de test de pression**, contrôlés régulièrement et être équipés à leurs extrémités de **dispositifs permettant d'interrompre le flux en cas de rupture** (clapet anti-retour).

Il existe une réglementation sur les flexibles incluant des recommandations sur le stockage (courbure à respecter) et des obligations de ré-épreuve régulière (ou de changement).

Pour des flexibles de diamètre < 25 mm (flexibles utilisées dans les réfrigérations ammoniac), il n'existe pas de dispositifs permettant d'interrompre le flux. Cependant un clapet anti-retour côté installation évite le retour d'ammoniac depuis l'installation. Les flexibles > 25 mm seraient équipés d'obturateur automatique mais ils ne sont pas utilisés pour les réfrigérations à l'ammoniac.

- L'article 57 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Lorsque le transvasement d'ammoniac est effectué à l'aide de flexibles, ceux-ci doivent être équipés conformément aux dispositions suivantes :
  - Les flexibles doivent être protégés à chacune de leurs extrémités par des dispositifs de sécurité arrêtant totalement le débit en cas de rupture du flexible ;
  - Ces dispositifs doivent être automatiques et manœuvrables à distance pour des flexibles d'un diamètre supérieur au diamètre nominal 25 millimètres.
- Les flexibles doivent être utilisés et entreposés après utilisation de telle sorte qu'ils ne puissent subir aucune détérioration. En particulier, ils ne doivent pas subir de torsion permanente, ni d'écrasement.
- L'état du flexible, appartenant ou non à l'exploitant doit faire l'objet d'un contrôle avant toute opération de transvasement (règlement des transports de matières dangereuses, etc.). »
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que l'exploitant doit contrôler :
  - « Existence d'une procédure pour la recharge d'ammoniac dans l'installation ;
  - Existence d'un document d'enregistrement des mouvements de fluide tenu à jour ;
  - Contrôle périodique du flexible et des vannes ;
  - Existence d'un document d'enregistrement du contrôle périodique du flexible.

- Les documents suivants pourront être consultés :
  - Document d'enregistrement des mouvements de fluide ;
  - Document d'enregistrement du contrôle périodique du flexible et des vannes ;
  - Procédure de charge en ammoniac de l'installation ;
  - État de cette charge ;
  - Document de conformité du flexible de charge (si ce document existe). »

- La partie 2 de la norme NF EN 378 précise que « les éléments de tuyaux flexibles doivent être protégés contre les dommages mécaniques, les contraintes excessives par torsion ou par d'autres forces. Des dispositions pour des contrôles réguliers (inspection visuelle) doivent être prises. »

Suivi de procédures par du personnel compétent

Les personnes réalisant les opérations de transvasement doivent être spécialement formées.

Toute charge d'ammoniac sera réalisée avec une procédure clairement établie et une analyse des risques préalable à l'opération.

- L'article 58 de la circulaire du 16 juillet 1997 impose : « Les personnes procédant au transvasement doivent être spécifiquement qualifiées et parfaitement informées de la conduite à tenir en cas d'accident. »

Utilisation de fûts adaptés

Il faut veiller à l'utilisation de fûts adaptés, répondant à la réglementation des équipements sous pression.

Entreposage des fûts ou bouteilles de transvasement

La bonne pratique consiste à stocker les bouteilles avant transvasement ou les fûts après vidange dans la salle des machines. Ainsi, en cas de fuite, la rétention de la salle des machines permet le recueil des épandages et l'extracteur automatique démarré sur détection d'ammoniac permet de réduire les effets au sol.

Cette pratique n'est pas imposée par la réglementation mais correspond à une bonne pratique.

3.14. Prévention de la dépression (Mesure D)

On se reportera aux systèmes de conduite et de régulation décrits dans le chapitre sur la description des installations.

3.15. Prévention des effets des incendies (Mesures I)

Des incendies sont possibles à l'extérieur de la salle des machines (par exemple dans les installations d'entreposage de denrées). Des effets dominos sont possibles et des mesures doivent être prises pour prévenir la propagation d'un incendie.

La salle des machines peut aussi être le siège d'incendies. Des mesures sont prises pour prévenir le développement et la propagation des incendies.

Les mesures relatives à l'incendie sont précisées dans ce paragraphe.

Prévention des propagations d'incendie

Les locaux sont conçus pour éviter la propagation des incendies, ce qui implique des matériaux adaptés et des contraintes d'étanchéité des portes et passages de gaines et tuyauteries.

Une bonne pratique (non réglementaire) peut être de ne pas laisser les camions à proximité des quais en dehors de la période de transfert.

- L'article 2 de l'arrêté du 16 juillet 1997 rappelle que « Les bâtiments et locaux sont conçus et aménagés de façon à s'opposer efficacement à la propagation d'un incendie. »
- La partie 3 de la norme NF EN 378 (§ 5.12.1) spécifie : « Les portes doivent être hermétiques, raccordées, doivent se refermer automatiquement et être conçues de manière à pouvoir s'ouvrir de l'intérieur (**système antipanique**). Attention dans le cas d'un accès par contrôle à commande électrique (badge, tactile…), la sortie ne doit pas être conditionnée par l'action d'un bouton poussoir mais seulement par l'action sur la barre anti-panic.
- **Les portes** doivent être de construction coupe-feu résistant pendant **au moins une heure**, grâce à des matériaux et une construction soumise à essai conformément à l'EN 1634. […] **Les murs, planchers et plafonds** entre l'intérieur du bâtiment et la salle des machines doivent être de construction coupe-feu résistant pendant **au moins une heure** et être hermétiquement scellés. […] Les gaines de service doivent être scellées pour réduire au minimum les fuites dans la gaine de service et avoir la même résistance au feu que les murs et les portes. […] La gaine de ventilation doit avoir la même résistance au feu que les portes et les murs de la salle des machines. » La norme précise aussi (§5.8) : « toutes les tuyauteries et conduites de ventilation traversant les murs, plafonds et planchers des salles des machines doivent être scellées lorsqu'elles traversent les murs, plafonds ou planchers. Le scellement doit avoir au minimum les mêmes propriétés de résistance à l'incendie que les murs, plafonds ou planchers. »
- **Passage tuyauteries et conduites :** Toutes les tuyauteries et conduites de ventilation traversant les murs, plafonds et planchers des salles des machines doivent être scellées lorsqu'elles traversent les murs, plafonds ou planchers. Le joint d'étanchéité doit avoir une résistance au feu au moins équivalente à celle des murs, plafonds ou planchers.
- **Normes de constructions (EN 378 § 5.12.3) :**
  - **Portes : EN1634**
  - **Murs, plancher et plafond : EN1363, EN 1364, et EN 1365.**

Prévention des départs de feu dans la salle des machines

Des mesures sont prises pour prévenir les sources d'inflammation (permis de feu, interdiction de fumer…). Les locaux doivent être régulièrement nettoyés.

Le stockage de matières inflammables autres que celles utiles à l'installation (huile) n'est pas autorisé dans la salle des machines.

- L'article 44 de l'arrêté du 16 juillet 1997 rappelle que « Dans les installations où il existe un risque d'incendie ou d'explosion, il est interdit de fumer ou d'apporter du feu sous une forme quelconque ou encore d'utiliser des matériels susceptibles de générer des points chauds, sauf pour la réalisation de travaux ayant fait l'objet d'un permis de feu délivré et dûment signé par l'exploitant ou par la personne qu'il aura nommément désignée. » L'article 2 précise : « Les locaux doivent être maintenus propres et régulièrement nettoyés notamment de manière à éviter les amas de matières combustibles et de poussières. »
- L'article 52 précise que « les opérations pouvant présenter des risques (manipulation, etc.) doivent faire l'objet de consignes écrites tenues à jour et affichées dans les lieux fréquentés par le personnel. Ces consignes doivent notamment indiquer : […] - les interdictions de fumer et d'apporter du feu sous une forme quelconque ; - les instructions de maintenance et de nettoyage, dont les permis de feu. »
- La partie 3 de la norme NF EN 378 (§5.5) précise : « Les salles des machines ne doivent pas être utilisées pour le stockage à l'exception de l'huile de compresseur nécessaire. Tout fluide frigorigène, tous matériaux inflammables ou toxiques doivent être stockés conformément aux réglementations nationales. ». Au §5.1, il est précisé : « les matériaux inflammables, autres que les fluides frigorigènes et l'huile nécessaires au service, ne doivent pas être stockés dans la salle des machines. »

Limitation des effets d'un incendie

Détection incendie et alarmes

Les installations (salle des machines, utilisateurs) doivent être équipées de détecteurs incendie. En cas de déclenchement, une alarme sonore et lumineuse est requise pour intervention éventuelle.

- L'article 48 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise « L'exploitant doit implanter de façon judicieuse un réseau de détection incendie, au besoin en s'assurant du concours des services internes à l'établissement ou d'entreprises spécialisées. Tout déclenchement du réseau de détection incendie entraîne une alarme sonore et lumineuse localement et au niveau d'un service spécialisé de l'établissement (poste de garde, PC incendie, etc.). »
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que les actions suivantes doivent être effectuées :
  - « Vérification de la mise en place de la détection incendie avec dispositif d'alerte ;
  - Vérification des détecteurs ;
  - Vérification périodique du fonctionnement du système de détection. »
- Ces contrôles s'appuieront sur un plan de détection incendie.

Moyens de lutte contre d'incendie

Des dispositifs d'extinction manuels doivent être installés. Ils sont alimentés par un réseau correctement dimensionné.

L'extinction automatique par eau est interdite en salle des machines.

Les installations d'extinction sont régulièrement entretenues et testées par un technicien qualifié.

- L'article 44 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise « L'installation doit être pourvue en moyens de lutte contre l'incendie adaptés aux risques encourus, en nombre suffisant et correctement répartis sur la superficie à protéger. Leur nature et leur implantation sont définies en liaison avec l'inspection du travail et l'inspection des installations classées.
- Les canalisations constituant le réseau d'incendie sont indépendantes du réseau d'eau industrielle. Leurs sections sont calculées pour obtenir les débits et pressions nécessaires en tout lieu du site.
- Le réseau d'eau incendie doit être conforme aux normes et aux réglementations en vigueur.
- Les bouches, poteaux incendie ou prises d'eau diverses qui équipent le réseau seront munis de raccords normalisés. Ils doivent être judicieusement répartis dans l'installation, notamment à proximité des divers emplacements de mise en œuvre ou de stockage de liquides du gaz inflammables. Ces équipements doivent être accessibles en toute circonstance.
- Les installations de protection contre l'incendie doivent être correctement entretenues et maintenues en bon état de marche. Elles doivent faire l'objet de vérifications périodiques par un technicien qualifié. »
- La partie 3 de la norme NF EN 378 indique (§ 5.14.3) que, dans la salle des machines, « des matériels adéquats de lutte contre l'incendie » doivent être prévus. La norme précise (§ 5.14.3.3) : « Si des systèmes d'extinction d'incendie à eau pulvérisée sont installés dans les salles des machines (R717), les conditions suivantes doivent être remplies :
    - Les têtes des extincteurs sont activées séparément à 141°C ou plus (haute température selon l'EN 12845).
    - L'activation du système d'extincteurs ne se fait pas par commande de priorité manuelle.
    - L'installation des extincteurs est conforme aux exigences de l'EN 12845. »
    - Les têtes doivent être en inox.
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que doivent être vérifiés :
    - « L'existence d'un plan de sécurité incendie ;
    - La présence et de l'état de fonctionnement du matériel ;
    - Existence de vérifications périodiques des installations de protection incendie. »
- Ces vérifications pourront se faire sur la base :
    - « D'un plan indiquant les détecteurs et les moyens d'intervention (extincteurs, RIA, poteaux d'incendie) ;
    - Des comptes-rendus de vérification périodique des installations de protection incendie. »

Intervention : exutoire de fumées

Pour permettre l'intervention, des exutoires de fumées à commandes automatique et manuelle doivent être installés en partie haute de la salle des machines, avec des commandes manuelles situées à l'extérieur de la salle des machines, près des accès.

- L'article 45 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise « Les salles de machines doivent être équipées en partie haute de dispositifs à commande automatique et manuelle permettant l'évacuation des fumées et gaz de combustion dégagés en cas d'incendie. Les commandes d'ouverture manuelle sont placées à l'extérieur du risque et à proximité des accès. Les commandes des dispositifs d'ouverture doivent facilement être accessibles. »

4. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la fuite toxique (Mesure T)

Eléments des MMR (Mesure de Maîtrise des Risques)

Ce paragraphe liste les éléments des différentes MMR. Rappelons que c'est la MMR globale qui doit être évaluée pour être prise en compte dans l'évaluation probabiliste.

Des exigences réglementaires et normatives sont précisées ; elles peuvent être utilisées pour évaluer les performances des MMR.

4.1. Détection de fuite : détection gaz

Nécessité d'une détection gaz

Les installations ou se situent de l'ammoniac doivent être équipées d'une détection gaz et d'un système d'alarme. Cette exigence concerne la salle des machines mais également les locaux techniques avec des risques de fuites (ex. stations de vannes).

- L'article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise que « Les installations pouvant présenter un danger pour la sécurité ou la santé des personnes doivent être munies de systèmes de détection et d'alarme adaptés aux risques et judicieusement disposés de manière à informer rapidement le personnel de tout incident. […] Des détecteurs de gaz sont mis en place dans les zones présentant les plus grands risques en cas de dégagement ou d'accumulation importante de gaz ou de vapeurs toxiques. »
- La circulaire du 10 décembre 2010 que « l'exploitant contrôle :
  - Vérification de la conformité du plan de détection à la réalité du site ;
  - Pertinence de l'implantation de la détection ;
  - Essais périodiques de vérification de son efficacité (après préparation de ces essais pour éviter les accidents), qui doivent être enregistrés ;
  - Vérification de l'existence et de la tenue d'un document d'enregistrement relatant les déclenchements, comportant un compte-rendu des causes et du traitement de celles-ci ;
  - Vérifier que la ventilation fonctionne après déclenchement du premier seuil d'alarme ;
  - Vérification de la mise en sécurité effective de l'installation après déclenchement du second seuil d'alarme. »
- L'exploitant s'appuiera pour cela sur :
  - « Plan d'implantation de la détection ammoniac
  - Compte-rendu des essais de détection ammoniac. »
- La partie 3 de la norme NF EN 378 précise (§ 9.3.3) « afin d'avertir du risque d'explosion ou d'incendie des équipements dans une salle des machines spéciale, et pour des besoins de commande lorsque la charge est supérieure à 50 kg, un détecteur d'ammoniac est requis. »

Note : la norme (EN 378-3 § 9.3.3) demande également l'installation de détecteurs d'ammoniac dans le circuit de fluide frigorigène dans le cas des systèmes indirects. « Les détecteurs de R-717 doivent être incorporés dans le circuit de transfert de chaleur de systèmes indirects, par exemple des circuits d'eau ou de glycol, pour détecter la présente de fluide frigorigène dans le circuit, si la charge en R717 est supérieure à 500 kg. Ces détecteurs doivent déclencher une alarme dans la salle des machines et, si possible, à l'interface système de commande/opérateur, mais ils ne doivent ni déclencher de balises ou d'avertisseurs sonores ni initier une évacuation. »

Note : pour les installations situées à l'extérieur (condenseur en terrasse par exemple), la détection gaz est également recommandée ; le maillage devra permettre de couvrir les fuites dans toutes les directions. D'autres systèmes pourront être envisagés (pression basse…). L'efficacité de la détection sera accrue en cas de capotage des zones à risque avec installation des détecteurs au niveau du capotage.

Asservissements pour la salle des machines

La détection gaz est équipée de deux seuils de sécurité qui déclenchent les asservissements en deux temps + un seuil pour le risque d'explosivité :

- **1er seuil** : alarme visuelle et sonore + ventilation d'urgence ;
- **2ème seuil** : idem 1er seuil (le visuel et sonore seront différents du 1er seuil) + mise en sécurité des installations (coupure des alimentations électrique de tous les équipements du local technique), alarme générale.
- **3ème seuil** : alarme sirène pour la gestion du risque d'explosivité (seulement sur le capteur explosimètre (l'installation à déjà été arrêté au 2ème seuil).

- L'article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise « L'exploitant fixera au minimum les deux seuils de sécurité suivants :
  - Le franchissement du premier seuil entraînera le déclenchement d'une alarme sonore ou lumineuse et la mise en service, de la ventilation additionnelle, […] ;
  - Le franchissement du deuxième seuil entraînera, en plus des dispositions précédentes, la mise à l'arrêt en sécurité des installations, une alarme audible en tous points de l'établissement et, le cas échéant une transmission à distance vers une personne techniquement compétente (ce seuil est au plus égal au double de la valeur choisie pour le 1er seuil).
- Les détecteurs fixes doivent déclencher une alarme sonore ou visuelle retransmise en salle de contrôle. »
- La norme NF EN 378-3 § 9.3.3 précise :
  - « Au niveau bas d'alarme, une alarme et la ventilation mécanique doivent être actionnées.
  - Au niveau haut d'alarme, le système de réfrigération doit être automatiquement arrêté. Au niveau haut d'alarme, l'alimentation électrique pour le fluide frigorigène vers la salle des machines spéciale doit également être arrêtée, ainsi que le système de ventilation mécanique d'urgence à moins qu'il existe des dispositions particulières (voir 5.17.1.2). »

Seuils et nature des détecteurs

Le choix des seuils et des technologies de détecteurs dépend des risques envisagés. Dans les locaux avec du personnel, les effets toxiques sont recherchés et les seuils sont adaptés au temps de présence du personnel.

Dans la salle des machines où le personnel n'est présent que de manière occasionnelle, les seuils retenus sont usuellement 2 000 ppm et 4 000 ppm (double du 1er seuil). Un seuil toximétrique à 500 ppm (correspondant à l'ancienne valeur IDLH) est parfois aussi retenu en salle des machines.

- Note : les seuils indiqués ne sont pas tous des exigences réglementaires ou normatives.

- L'article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 impose que « le deuxième seuil est au plus égal au double de la valeur choisie pour le 1er seuil. » Il précise : « Les zones de sécurité sont équipées de systèmes de détection dont les niveaux de sensibilité sont adaptés aux situations. Ces détecteurs doivent être de type toximétrie dans les endroits où les employés travaillent en permanence ou susceptibles d'être exposés, et de type explosimétrie dans les autres cas où peuvent être présentes des atmosphères confinées. »
- La partie 3 de la norme NF EN 378 (§ 9.3.3) fixe les exigences sur les seuils en salle des machines : ils doivent « fonctionner à une concentration ne dépassant pas :
  - 350 mg/m3 (500 ppm (V/V)) dans les salles des machines (niveau bas d'alarme) ;
  - 21 200 mg/m3 (30 000 ppm (V/V)) (niveau haut d'alarme). »

Technologie des détecteurs

En salle des machines et sur la plateforme de condensation (absence de personnel), les détecteurs sont du type électrochimique dans la mesure où les seuils de détection retenus sont usuellement de l'ordre de 1 000 ppm.

Si des utilisations en explosimétrie sont visées, les détecteurs seront de type catalytique

Parfois, un 3ème seuil plus bas (toximétrie) est possible sur les détecteurs. En cas d'intervention en salle des machines, le personnel pourra s'équiper d'un détecteur portatif.

Dans les locaux où du personnel peut être présent, les détecteurs sont du type électrochimique et sont réglés pour des utilisations en toximétrie.

Dans tous les cas en salle de machines les détecteurs sont ATEX.

Nombre et position des détecteurs

Le positionnement des détecteurs reste difficile à recommander de manière générale. Des exigences existent pour le positionnement au-dessus des équipements sujets à fuite (compresseurs, pompes…). Les règles de bonnes pratiques conduisent usuellement à mettre plusieurs détecteurs dans la salle des machines (au minimum deux) situés en partie basse et haute. Un ordre de grandeur peut être d'un détecteur pour 100 m2 au sol. On pourra installer des détecteurs toximétriques en partie basse (position des intervenants) et des explosimétriques en partie haute. Souvent un détecteur est placé au niveau de la gaine d'extraction.

- L'article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 note « L'implantation des détecteurs résulte d'une étude préalable. ».
- La partie 3 de la norme NF EN 378 (§ 9.3.3) fixe des exigences sur le nombre et la position des détecteurs : « Lorsque la salle des machines spéciale ne comprend que des compresseurs ou des unités de compresseurs, au moins un détecteur doit être placé sur les compresseurs ou les unités. Le site des pompes de réfrigération, dans une salle des machines ou dans d'autres zones, doit également être surveillé par un détecteur monté à l'avant et à proximité des pompes. »

Note : pour les installations situées à l'extérieur, le maillage de la détection ammoniac devra permettre de couvrir les différentes directions de fuite.

Remarque sur la position de la ou les centrales de détection :

La ou les centrales seront éloignées des zones à risques. La lecture des alarmes sur ladite centrale permettra de connaître immédiatement le lieu de la supposée fuite, car toutes les zones à risque du site sont surveillées par cet ensemble de détection « ammoniac » à sécurité dite « positive ».

La centrale sera secourue par une source externe de courant si nécessaire, à minima par une batterie interne.

Particularité pour la SDM sur la mise en œuvre de la mesure barrière :

L'ensemble du système de détection, la ventilation de sécurité et l'éclairage de secours doivent répondre à la réglementation **ATEX** pour un classement en **Zone 2** (Présence de matières inflammables dans des conditions anormales pendant de courtes périodes uniques).

Les protections **IP6X** doivent être adaptées (presse-étoupe adapté), le câblage de l'ensemble doit être réalisé avec du câble pour **zone ATEX 2**.

Ammoniac (Groupe de gaz IIA, classement température T1).

Suivi des détecteurs

Conformément aux réglementations en vigueur (exigences de testabilité et de maintenabilité), les détecteurs gaz doivent faire l'objet d'un suivi et de tests réguliers. Les détecteurs électrochimiques sont testés usuellement tous les 6 mois. Les têtes doivent être changées assez souvent, en fonction des résultats des tests ; en ordre de grandeur, le changement s'effectue tous les 18 à 24 mois.

- L'article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 spécifie « L'exploitant doit dresser la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et doit déterminer les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps. »
- Il est spécifié dans la norme (§ 8.7) que « les détecteurs doivent être adaptés à leur utilisation et étalonnés par un organisme compétent. ».
- L'exploitant doit tenir à disposition la liste de ses détecteurs incluant :
    - Numéro de série.
    - Gamme de mesure du capteur.
    - Seuils de sécurité.
    - Temps de réponse (à minima respect du T90 constructeur).
    - Date d'installation (ou de fin de vie estimée).
    - Voies vers la centrale (schéma électrique).

Exigences en cas de déclenchement

En cas de déclenchement d'un détecteur gaz, des contrôles doivent être effectués et tracés. La remise en service de l'installation ne peut pas être faite automatiquement.

- L'article 42 de la l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Tout incident ayant entraîné le dépassement du seuil d'alarme gaz toxique donne lieu à un compte rendu écrit tenu à la disposition de l'inspecteur des installations classées durant un an. […] La remise en service d'une installation arrêtée à la suite du déclenchement d'une alarme ne peut être décidée que par une personne déléguée à cet effet, après examen détaillé des installations et analyse de la défaillance ayant provoqué l'alarme. »

4.2. Détection de fuite : détection humaine et action humaine

Vannes d'isolement sur les capacités

Des vannes d'isolement doivent isoler les capacités les unes des autres et les portions de tuyauterie contenant de l'ammoniac liquide.

Ces vannes doivent être situées au plus près des capacités. Ces dispositifs d'isolement peuvent être manuels ou automatiques. La réglementation et/ou les normes n'imposent pas de systèmes automatiques. En pratique, les isolements sont installés en aval des pompes BP sur le circuit entre ballon séparateur et évaporateur

- L'article 50 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Plusieurs capacités réunies par des tuyauteries doivent pouvoir être isolées les unes des autres au moyen de vannes manuelles facilement accessibles en toute circonstance ou par des vannes automatiques pilotées par un ou plusieurs paramètres de l'installation ou actionnées par des coups de poing judicieusement placés. »
- L'article 51 précise : « Toute portion d'installation contenant de l'ammoniac liquide sous pression susceptible d'entraîner des conséquences notables pour l'environnement doit pouvoir être isolée par une ou des vannes de sectionnement manuelles située(s) au plus près de la paroi du réservoir. Ce dispositif devra être, si nécessaire, complété par une vanne de sectionnement automatique à sécurité positive qui devra notamment se fermer en cas d'arrêt d'urgence ou de détection d'ammoniac. »
- La partie 2 de la norme NF EN 378 précise (§ 6.2.4) : « Les systèmes de réfrigération doivent être équipés d'un nombre suffisant de robinets d'isolement pour minimiser le danger, notamment durant la réparation et/ou la maintenance […] Les robinets à commande manuelle requis lors de l'utilisation essentielle de fonctionnement doivent être munis d'un volant ou d'une manette. ».
- La norme EN 378-2 Annexe A, précise dans l'annexe A (exigences spécifiques à l'ammoniac) que pour des installations de plus de 3000 kg, « un dispositif de fermeture commandé à distance doit exister dans la conduite liquide. Ce dispositif doit se fermer en cas de défaillance de la puissance de commande, détection d'une fuite ou arrêt d'urgence. Il doit être contrôlable manuellement ou, si nécessaire, intégré à un système d'arrêt d'urgence. »

En pratique, la conduite liquide concernée est la tuyauterie liquide vers les utilisateurs.

Note : l'étude de dangers ne tiendra pas compte de vannes manuelles comme dispositif d'isolement en cas de fuite massive. En effet, en cas de fuite massive, l'accès à la salle des machines devient difficile (visibilité réduite réduisant l'efficacité d'une intervention humaine, nécessite de s'équiper tendant à augmenter le temps de réponse…).

Pour les installations de plus de 3 000 kg, et pour répondre à l'annexe A (EN 378-2), il existe un autre moyen que celui de mise en œuvre de vannes automatiques. Les vannes automatiques sont intéressantes dans le cas de plusieurs réseaux liquides qui seraient sectionnable indépendamment.

Cinétique recommandée :

- Détection de fuite d'ammoniac en combles technique = arrêt impératif des pompes.
- Chute de pression détectée par un pressostat sur la ligne liquide = arrêt impératif des pompes.

4.3. Arrêt automatique des installations

Arrêt automatique des installations

L'arrêt des installations s'effectue par coupure de la puissance sur l'alimentation des équipements (compresseurs et pompes). Le circuit comporte deux parties : le circuit commande (relayage) et le circuit puissance (contacteur).

En cas de fuite d'ammoniac sur le circuit dans la salle des machines, l'arrêt des fuites est lié à l'arrêt des pompes et des compresseurs. La coupure des alimentations électriques exigée en cas de détection gaz dans la salle des machines (au 2ème seuil) conduit à l'arrêt des pompes et compresseurs. Le 2ème seuil aura pour action une coupure générale du poste TGBF alimentant la SDM (par bobine MX).

- L'article 47 de l'arrêté du 16 juillet 1997 demande « L'arrêt du compresseur doit pouvoir être commandé par des dispositifs appropriés judicieusement répartis, dont l'un au moins est placé à l'extérieur de l'atelier de compression. »
- L'article 39 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise que « des dispositions sont prises pour permettre, en toute circonstance, un arrêt d'urgence et la mise en sécurité électrique des installations »

En cas de fuite détectée au niveau des utilisateurs, la détection gaz conduit à l'arrêt des pompes de circulation en salle des machines. L'arrêt des compresseurs signifie (avec un certain délai) une montée en pression dans le ballon séparateur, ce qui conduira à une augmentation des effets en cas de fuite sur la partie BP.

En cas de fuite sur la partie BP au niveau des utilisateurs et/ou des tuyauteries de liaison entre la salle des machines et les utilisateurs, la coupure des compresseurs ne sera donc pas commandée.

4.4. Intervention humaine en cas d'urgence

4.4.1. Alarmes associées aux détecteurs

Exigences d'indépendance et d'efficacité de l'alarme

La réglementation ne donne pas d'exigences à ce sujet. La norme (non obligatoire) précise que la détection d'ammoniac déclenche une alarme qui doit répondre aux exigences d'efficacité et d'indépendance avec le système de ventilation.

- La norme NF EN 378 précise au §8.1 qu' « une alarme doit être déclenchée par le détecteur. L'alarme doit également alerter une personne autorisée pour qu'elle puisse prendre les mesures nécessaires. »
- Elle ajoute au §8.3 que « Le système d'alarme doit générer un avertisseur à la fois audible et visible, comme par exemple une forte sonnerie (15 dBA au-dessus du niveau sonore ambiant) et une lumière clignotante. Le système d'alarme doit générer un avertisseur audible de l'intérieur et de l'extérieur de la salle des machines ou au moins à l'intérieur de l'espace utilisé comme un espace occupé. Pour les hôtels et établissements similaires, le système d'alarme doit également avertir à un endroit surveillé, tel que le poste du gardien de nuit, ainsi que dans l'espace occupé. L'alarme extérieure peut être installée dans une salle de surveillance ou autre endroit surveillé. »
- Enfin, elle précise « Lorsqu'un système d'alarme est installé, sa source d'alimentation doit être indépendante de la source d'alimentation du système de ventilation mécanique ». La norme note qu' « un circuit électrique de secours utilisant des batteries peut être utilisé pour le système d'alarme ».

Surveillance permanente des installations

Une surveillance permanence (locale ou à distance) permet de prévenir une personne compétente pour intervention en cas d'alarme. Pour les installations de plus de 3 tonnes d'ammoniac, l'alarme doit être renvoyée dans une centrale de surveillance, compatible avec une intervention en moins de 60 minutes.

- L'article 23 de l'arrêté du 16 juillet 1997 indique que « un gardiennage est assuré en permanence ou un système de transmission d'alarme à distance est mis en place de manière qu'un responsable techniquement compétent puisse être alerté et intervenir rapidement sur les lieux en toute circonstance. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 demande le contrôle de « l'efficacité du report d'alarme et le contrôle du temps de réaction. »
- La partie 3 de la norme NF EN 378 précise (§ 8.4) : « L'utilisateur / le propriétaire du système de réfrigération doit s'assurer qu'un poste permanent de surveillance est prévu comme poste d'alerte central. Du personnel spécialisé doit être présent sur site dans un délai de 60 min après le début de l'alarme. Le personnel peut également être informé de l'alarme par des équipements techniques, par exemple téléphone mobile, récepteur d'appel. »

Consignes d'intervention en cas d'accident

Des consignes écrites relatives aux moyens d'urgence en cas d'accident (fuite toxique, épandage de matières dangereuses…) sont rédigées, tenues à jour et affichées. Un affichage des risques et des consignes à observer doit être présent à l'extérieur des zones et à l'intérieur.

L'intervention repose sur des consignes écrites (cf. chapitre 3).

- L'article 31 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Des dispositions appropriées seront prises pour qu'il ne puisse y avoir, en cas d'accident se produisant dans l'enceinte de l'établissement, déversement de matières qui, par leurs caractéristiques et quantités émises, seraient susceptibles d'entraîner des conséquences notables sur le milieu naturel récepteur. Une liste des dispositions concernées même occasionnellement, sera établie par l'exploitant, communiquée à l'inspecteur des installations classées et régulièrement tenue à jour. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 demande de vérifier « l'existence et la nature des dispositions prises en cas de déversement accidentel ».
- L'article 40 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Des consignes écrites sont établies pour la mise en œuvre des moyens d'intervention, d'évacuation du personnel et d'appel aux moyens de secours extérieurs. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 demande de vérifier « l'existence d'un plan de sécurité interne à l'entreprise et l'affichage des consignes de sécurité ».
- L'article 41 ajoute : « La nature exacte du risque (atmosphère potentiellement explosible, etc.) et les consignes à observer sont indiquées à l'entrée de ces zones et en tant que de besoin rappelées à l'intérieur de celles-ci. Ces consignes doivent être incluses dans le plan d'urgence s il existe (notamment au niveau des moyens d'alerte du plan d'opération interne s'il existe). »
- La circulaire du 10 décembre 2003 demande de vérifier l'existence d'un plan de zones de sécurité et de comparer ce plan avec celui du site ; « la pertinence des consignes de sécurité pour chacune des zones est à contrôler par l'exploitant ».
- L'article 52 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Les opérations pouvant présenter des risques (manipulation, etc.) doivent faire l'objet de consignes écrites tenues à jour et affichées dans les lieux fréquentés par le personnel. Ces consignes doivent notamment indiquer :
  - Les mesures à prendre en cas de fuite sur un récipient ou sur une canalisation contenant de l'ammoniac ;
  - Les moyens d'extinction à utiliser en cas d'incendie ;
  - Le plan d'opération interne s'il existe ;
  - La procédure d'alerte, avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services incendie et de secours, du centre antipoison etc ;
  - Les procédures d'arrêt d'urgence ;
  - […] ;
  - L'étiquetage (pictogramme et phrases de risque) des produits dangereux stockés sera indiqué de façon très lisible à proximité des aires permanentes de stockage d'ammoniac.
  - Ces consignes doivent rappeler de manière brève, mais explicite, la nature des produits concernant les risques spécifiques associés (incendie, toxicité, pollution des eaux, etc.). »
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que les consignes de sécurité doivent être mises à jour et qu'il est nécessaire de s'assurer qu'elles sont bien affichées et connus par le personnel.

4.4.2. Commande sur des BAU générant des actions de sécurité

Arrêt manuel des installations : boutons d'arrêt d'urgence

Des boutons d'urgence équipent l'installation, notamment au niveau de la salle des machines (intérieur et extérieur). Ils doivent permettre d'arrêter le système de réfrigération.

Une commande d'urgence doit aussi commander la ventilation d'urgence.

- La partie 3 de la norme NF EN 378 indique (§5.6) que dans la salle des machines, doit être prévu « un interrupteur à distance pour arrêter le système de réfrigération doit être installé à l'extérieur et à proximité de la porte de la salle des machines. […] La ventilation mécanique doit être fournie avec commande d'urgence indépendante située à l'extérieur et à proximité de la porte de la salle des machines. »
- Au §5.6 est précisé : « Un interrupteur [d'urgence] à distance pour arrêter le système de réfrigération doit être installé à l'extérieur et à proximité de la porte de la salle des machines. Un interrupteur similaire doit être installé à un endroit approprié dans la salle. »

4.4.3. Intervention humaine dans la SDM

Intervention humaine : équipement à disposition

L'intervention suppose la mise à disposition par l'exploitant d'équipements de protection.

- L'article 53 rappelle que des équipements doivent être tenus à disposition du personnel pour permettre les interventions : « En dehors des moyens appropriés de lutte contre l'incendie, l'exploitant doit mettre à la disposition du personnel travaillant dans l'installation frigorifique :
  - Des appareils de protection respiratoire en nombre suffisant (au minimum deux) adaptés aux risques présentés par l'ammoniac ;
  - Des gants, en nombre suffisant, qui ne devront pas être détériorés par le froid, appropriés au risque et au milieu ambiant ;
  - Des vêtements et masques de protection adaptés aux risques présentés par l'ammoniac doivent être conservés à proximité des dépôts et ateliers d'utilisation ;
  - Des brancards pour évacuer d'éventuels blessés ou intoxiqués.
- L'ensemble de ces équipements de protection doit être suffisamment éloigné des réservoirs, accessible en toute circonstance et situé à proximité des postes de travail. Ces matériels doivent être entretenus en bon état, vérifiés périodiquement et rangés à proximité d'un point d'eau et à l'abri des intempéries. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 demande le « contrôle des équipements de protection individuels et collectifs (bouteilles d'air…), l'existence de l'équipement de protection incendie et surtout de protection contre l'ammoniac (gants, masques…) et le contrôle périodique des équipements de protection individuels et collectifs. »

Note : l'alarme à 500 ppm indique une concentration importante. L'intervention nécessite alors nécessairement le port des EPI (masque et vêtements spécifiques).

4.4.4. Protection des personnes

Pour permettre une protection des personnes en cas de fuite, la direction du vent doit être donnée par un dispositif approprié qui doit être visible de jour comme de nuit.

- L'article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Des dispositifs complémentaires visibles de jour comme de nuit, doivent indiquer la direction du vent. »

4.4.5. Ventilation de la salle des machines

Ventilation mécanique requise

L'arrêté du 16 juillet 1997 et la norme NF EN 378 imposent un dispositif mécanique de ventilation en cas de fuite. En marche normale, la ventilation mécanique n'est pas obligatoire.

- L'article 3 de l'arrêté précise : « La ventilation des salles des machines est assurée par un dispositif mécanique calculé selon les normes en vigueur, de façon à éviter à l'intérieur des locaux toute stagnation de poches de gaz. »
- La partie 3 de la norme précise : « Une ventilation mécanique doit être fournie. » Le § 5.13.1 ajoute : « Un système de ventilation mécanique doit être utilisé en cas de fuite de fluide frigorigène due à des fuites ou une rupture de composants. Ce système doit être indépendant de toute ventilation du site »

Note : la **ventilation des passages de tuyauteries (hors salle des machines)** est également exigée dans la partie 3 de la norme NF EN 378 (§5.13.3) : « les gaines ou passages contenant des tuyauteries de frigorigène doivent être ventilées dans un endroit sûr pour empêcher l'accumulation de vapeurs. »

Débit de la ventilation normale

Le débit d'air en ventilation normale (en conditions de fonctionnement normales) est spécifié dans la partie 3 de la norme NF EN 378 (§5.13.2) : « La ventilation doit être conforme aux réglementations nationales. Il doit y avoir au minimum 4 renouvellements d'air par heure lorsque la salle des machines est occupée. »

Mais la salle des machines n'est pas occupée de manière permanente ; elle n'est pas considérée comme « occupée ». Cette prescription de débit n'est donc pas applicable.

La ventilation normale peut être actionnée pour assurer l'évacuation des déperditions thermiques des équipements et éviter une potentielle dégradation des matériels électroniques par la chaleur, en saison estivale notamment.

Débit de la ventilation d'urgence

Un **débit d'air (mini – maxi) en ventilation d'urgence** est spécifié dans la partie 3 de la norme NF EN 378.

- Un débit minimum est requis (§5.13.4) : « Le débit d'air de la ventilation mécanique doit correspondre au minimum à la quantité obtenue par l'équation suivante : V = 14 × 10-3 x m2/3, où V est le débit d'air en m3/s ; m est la masse de la charge de fluide frigorigène, en kg, dans le système de réfrigération ayant la charge maximale, dont une partie quelconque est située dans la salle des machines. »
- Un débit maximum est également requis dans partie 3 de la norme NF EN 378 (§5.13.4) : « Le système de ventilation d'urgence ne doit pas être contraint de fournir plus de 15 renouvellements d'air par heure. »

Dimensionnement des entrées d'air

La ventilation mécanique nécessite des entrées d'air sur le bâtiment communiquant directement avec l'extérieur. Aucune spécification précise relative à la dimension des ouvertures n'existe à ce jour dans les documents de référence.

La partie 3 de la norme NF EN 378 précise simplement (§ 5.13.5) que « les ouvertures du système de ventilation mécanique doivent être placées et avoir des dimensions permettant d'obtenir un débit d'air suffisant. » La position des entrées d'air doit également permettre une bonne ventilation de la salle (§ 5.13.1) : « Des dispositions doivent être prises pour une alimentation suffisante en air de remplacement extérieur et un bon système de distribution de cet air dans la salle des machines (spéciale), en évitant les angles morts. »

En pratique, la surface des entrées d'air (dimensionnée pour la ventilation forcée) doit permettre de limiter la vitesse au niveau des grilles d'entrée à 3 m/s.

Mais des grilles doivent aussi permettre d'assurer l'entrée d'air en cas d'incendie et d'activation des évacuations de fumées. Cela revient souvent à doubler la surface de ventilation requise.

Note : Une version antérieure de la norme NF EN 378 proposait une surface libre minimale : « la salle des machines doit avoir une ventilation naturelle assurée par des fenêtres, grilles…. La surface libre est liée à la masse de fluide frigorigène. $A = 0{,}14.\ m^{½}$ où m est la masse en kg et A la surface en m^2 ». Cette exigence était relative à la ventilation naturelle mais pas à la ventilation forcée.

Des entrées d'air sont requises pour assurer la ventilation des locaux. Il est retenu comme bonnes pratiques (mais ce n'est pas une exigence réglementaire) de disposer de ventelles sur les entrées d'air qui se referment mécaniquement en cas de surpression dans le local. Ces ventelles permettent d'éviter un refroidissement de la salle des machines en hiver.

Cette recommandation permet d'éviter la fuite d'ammoniac par les entrées d'air en cas de fuite massive dans le local. Cette hypothèse permet de ne pas retenir les fuites d'ammoniac par les entrées d'air avant la mise en route de la ventilation d'urgence.

Pour disposer d'une ventilation permettant d'éviter les angles morts, il est retenu comme bonnes pratiques de disposer de grilles de ventilation en point bas. L'extraction s'effectue en partie haute de la salle des machines.

Exigences d'étanchéité et de position sur les portes et passages

Pour éviter les fuites à l'extérieur du local, des exigences d'étanchéité sont imposées dans la partie 3 de la norme.

Elles concernent notamment les portes (§5.12.1) : « Les portes doivent être étanches […], se refermer automatiquement. Il ne doit pas y avoir d'ouvertures permettant le passage involontaire de fluides frigorigènes […] s'échappant vers les autres parties du bâtiment. »

De même (§5.8) : « toutes les tuyauteries et conduites de ventilation traversant les murs, plafonds et planchers des salles des machines doivent être scellées lorsqu'elles traversent les murs, plafonds ou planchers. »

En pratique, l'exigence d'étanchéité est liée à une préoccupation de caractère coupe-feu et pas à une étanchéité vis-à-vis d'un risque toxique. Les portes coupe-feu, le scellement des traversées des murs, planchers, plafonds et des conduites traversant les cloisons répondent aux exigences d'étanchéité.

Les ouvertures extérieures ne doivent pas être situées à moins de 2 m des cages d'escaliers des sorties de secours du bâtiment et d'autres ouvertures, par exemple fenêtres, portes, bouches d'aération, etc.

Note : Ces deux exigences sur les portes et les passages de tuyauteries et gaines répondent également à un souci de non propagation des incendies (cf. § 3.14 de cette annexe).

Evacuation de l'extraction forcée

L'évacuation de l'extraction forcée est faite dans une zone « sûre » pour limiter les effets sur l'environnement. La localisation des rejets doit permettre d'éviter de réintroduire de l'ammoniac dans les locaux (bâtiments ou salle des machines).

L'EDD donne la hauteur du point de rejet (calculé en fonction des scénarii)

- L'article 3 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise « Le débouché à l'atmosphère de la ventilation doit être placé aussi loin que possible des habitations voisines et d'une source de chaleur, de façon à ne pas entraîner de risque pour l'environnement et pour la santé humaine » ;
- La partie 3 de la norme NF EN 378 (§ 5.14.2.2) : « La gaine de sortie de ventilation par refoulement doit être conforme aux réglementations nationales. La gaine de sortie ne doit pas être limitée et doit être munie de dispositifs permettant de bloquer l'entrée de détritus, de feuilles et d'oiseaux. La partie basse de toute conduite montante et ouverte à l'extérieur doit être munie d'un tuyau d'écoulement des eaux de pluie et d'un accès pour le contrôle. » On veillera à ce que ces recommandations soient assurées sur les sites.

Note : il n'existe pas de prescriptions relatives au diamètre ou à la hauteur de rejet. Ces informations dépendent de chaque site et sont un paramètre d'entrée important pour l'évaluation des intensités des effets. En pratique, la vitesse des gaz dans la conduite d'extraction ne dépasse généralement pas 10 m/s.

Commandes de l'extraction forcée

La ventilation d'urgence est commandée de deux manières : par des commandes d'urgence et par la détection gaz située dans la salle des machines :

- La partie 3 de la norme précise (§5.13.3) : « Le système de ventilation mécanique d'urgence doit alors être activé par un (des) détecteur(s), situé(s) dans la salle des machines. […] La ventilation mécanique doit également être munie de **deux commandes d'urgence indépendantes,** l'une située à l'extérieur de la salle des machines et l'autre à l'intérieur. ».
- L'article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise que la ventilation additionnelle est mise en service au 1er seuil de la détection. Mais l'arrêté n'impose pas de commandes indépendantes complémentaires.

Alimentation électrique

L'extracteur doit être alimenté par une alimentation secourue.

Le terme d'alimentation secourue signifie que l'extracteur doit être maintenu en service en cas de mise en sécurité. Des groupes électrogènes ne sont pas requis ; parfois sur de grosses installations, des groupes électrogènes peuvent assurer un secours mais cette solution reste rare.

Ainsi lors de l'atteinte du 2ème seuil de détection ammoniac qui conduit à la coupure électrique des installations dans la salle des machines (pour éviter l'explosion), l'extracteur (comme le détecteur et l'éclairage de secours) doit être alimenté par une source indépendante des autres utilisateurs.

Disfonctionnement de l'extracteur d'air ammoniaqué :

En cas de disfonctionnement de l'extracteur d'air ammoniaqué (Extracteur de sécurité) et présence d'une fuite d'ammoniac, le mélange air-ammoniac sortira par la cheminée d'extraction.

En effet le local est étanche au niveau des grilles d'entrée d'air par la pose de grille à ventelles dynamiques coté intérieur, le sens du flux d'air ne peut être que de l'extérieur vers l'intérieur, alors qu'au niveau de l'extracteur un clapet s'ouvre vers l'extérieur. Donc sans extracteur, la fuite crée une surpression dans le local et fait ouvrir le clapet au niveau de ventilateur.

4.5. Protection mécanique – Edicule condenseur

Précisions apportées sur la réalisation de l'édicule autour du système de condensation

Cet édicule (ou capotage, ou carénage) permettra de définir une zone d'enfermement autour des connexions des canalisations ammoniac de liaison entre les condenseurs, situés sur la terrasse de la SDM, et l'intérieur de la salle des machines.

Ce carénage communiquera avec la salle des machines par une ouverture qui sera couverte par une grille en acier galvanisé afin de permettre la protection des travailleurs intervenant dans la zone des condenseurs.

Dans ce capotage seront éventuellement disposés (ou dans la SDM) :

- les régulateurs à flotteurs, assurant la détente de l'ammoniac liquide entre la sortie HP des circuits des condenseurs et l'entrée de la bouteille MP située dans la SDM.
- les soupapes de sécurité des condenseurs évaporatifs.
- les vannes d'isolement des différents circuits des condenseurs évaporatifs.
- les portions de tuyauterie avec accessoires. (Les tuyauteries sans accessoires pourront rester apparentes).

Ce carénage devra résister mécaniquement à des chocs dus à d'éventuelles ruptures de tuyauteries ou chocs d'objets extérieurs : ce qui signifie que le bardage sera du type double peau avec une ossature suffisamment dimensionnée (lisses très rapprochées) et renforcée au droit des vannes et tuyauteries susceptibles d'éclater. La double peau peut être remplacée par une tôle épaisse (63/100ème). Les matériaux devront être choisis pour éviter toutes corrosions et résister à des températures négatives supérieures à -33°C.

Ce carénage sera équipé en partie haute d'un système d'évacuation d'air ammoniaqué à bouche bée. L'évacuation de l'air ammoniaqué se fera dans un flux vertical direct de façons à éviter tout rabattement vers le sol. Le flux de l'air ammoniaqué aura une vitesse verticale d'environ 5 à 7m/s.

La partie basse de cette zone de confinement permettra de récupérer l'ammoniac liquide issu d'une éventuelle fuite. Cette rétention devra avoir une forme inclinée pour accumuler l'ammoniac liquide sur une faible surface. La partie basse de cette rétention sera équipée d'une tuyauterie qui dirigera l'ammoniac liquide vers la rétention générale des différentes bouteilles (MP et BP) de la SDM.

Une sonde de détection de l'ammoniac présent dans l'air sera installée en partie haute de cette zone capotée d'enfermement.

5. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de l'explosion (Mesure X)

Les mesures explicitées dans ce chapitre visent à prévenir l'inflammation en cas de nuage d'ammoniac en zone confinée.

Ci-dessous un extrait du document INERIS :

Retour d'expérience

L'ammoniac et la réfrigération

Réf. : SEI / BARPI ED0389 - Février 1995 (complété par la MàJ du 30/03/1995).

« L'ammoniac est considéré comme un gaz relativement peu inflammable. Ses limites d'inflammabilité dans l'air sont comprises entre 15 et 28 %. Une étude indique cependant que la L.I.E. peut être réduite de 4 % en présence pour un nuage composé d'huile (fuite simultanée de lubrifiant) et d'ammoniac en aérosol. La température d'auto-inflammation de l'ammoniac est de 630°C. Sa dissociation en azote et en hydrogène débutant à 450 - 550°C, la combustion obtenue peut provenir de l'hydrogène formé.

Bien que très supérieure à celle de la plupart des hydrocarbures, son énergie minimale d'inflammation (680 mJ) est néanmoins inférieure à celle délivrée par l'étincelle d'un interrupteur (1 J).

Le caractère inflammable et explosif de l'ammoniac, en milieu confiné en particulier est sujet à controverses. Une bibliographie réalisée en 1991 précise que toutes les caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité publiées indiquent que l'ammoniac est un gaz combustible assez nettement moins réactif, vis-à-vis de l'air, que la plupart des autres gaz combustibles, le méthane en particulier. Ainsi, l'énergie d'inflammation d'un mélange air / ammoniac est plus grande, la flamme dans le mélange se propage plus difficilement et plus lentement, enfin la violence de l'explosion en récipient fermé est plus faible. L'étude réalisée cite quelques accidents à l'étranger dans lesquels une inflammation / explosion de l'ammoniac est suspectée. En l'état actuel des connaissances et sans élément précis sur ces accidents (aucun cas connu n'est répertorié en France), ce risque n'est abordé que superficiellement dans cette étude. Il n'en sera pas de même, par contre, pour les incendies liés à l'environnement proche de l'installation (de nombreux cas sont connus en raison notamment des matériaux d'isolation employés), ces derniers pouvant être à l'origine d'un effet domino éventuel ».

Conception et contrôle des installations électriques

De manière générale, les installations électriques des installations de réfrigération à l'ammoniac doivent être réalisées en tenant compte du risque d'explosion ou d'inflammation. Elles doivent répondre aux normes en vigueur et faire l'objet de contrôles réguliers par des personnes compétentes.

L'article 46 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise que les installations doivent être « efficacement protégées contre les risques liés aux effets de l'électricité statique, les courants de circulation et la foudre. Les installations électriques ainsi que les mises à la terre des appareils doivent être réalisées par des personnes compétentes, avec du matériel normalisé et conformément aux normes applicables. [...] Toutes les installations électriques doivent être entretenues en bon état et doivent être contrôlées après leur installation ou modification. Un contrôle doit être effectué par un organisme agréé tous les trois ans au moins. Cet organisme doit très explicitement mentionner

les défectuosités relevées dans son rapport de contrôle. Ces rapports sont tenus à la disposition de l'inspecteur des installations classées. »

Définition des zones ATEX

Des zones à risques ATEX doivent être définies par l'exploitant avec des installations adaptées au risque.

Il est important de noter que les mesures prises sur la salle des machines (détection, ventilation, arrêt des alimentations électriques…) permettent de ne pas classer la salle des machines en zone à risque ATEX.

- L'article 46 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise que « dans les zones définies sous la responsabilité de l'exploitant où peuvent apparaître des atmosphères explosives de façon accidentelle, les installations électriques doivent être réduites à ce qui est strictement nécessaire aux besoins de l'exploitation. »
- La partie 3 de la norme NF EN 378 précise : « Il n'est pas nécessaire que l'équipement électrique des salles logeant un système de réfrigération contenant uniquement du R-717 soit conforme aux exigences relatives aux zones dangereuses. »

Arrêt des installations électriques

En cas de fuite d'ammoniac dans un local, il faut éviter la formation d'une ATEX et sa possible inflammation. Pour cela, il est prévu d'éviter la persistance d'une atmosphère explosible en mettant en œuvre la ventilation d'urgence sur détection gaz. Si la ventilation d'urgence ne suffit pas à réduire la concentration en ammoniac, l'arrêt de toutes les alimentations électriques est requis, sauf celles alimentant les sécurités assurant la persistance de l'ATEX (ventilations, détections gaz). Les autres sécurités potentielles (isolement éventuel, sécurités de niveau sur les capacités, sécurités de pression haute sur les compresseurs…) doivent être de conception à sécurité positive et mettre ainsi le système en position de sécurité.

- La partie 3 de la norme (§ 8.2) exige l'indépendance des alimentations de sécurité des autres alimentations : « Lorsqu'un système d'alarme est installé, sa source d'alimentation doit provenir d'une source d'alimentation indépendante du système frigorifiques que l'alarme protège. »
- L'alimentation en puissance électrique d'un système de réfrigération doit être disposée de façon à pouvoir être coupée indépendamment de l'alimentation électrique des autres équipements électriques en général et, en particulier, à tout système d'éclairage, d'unités de ventilation, d'alarme et autres équipements de sécurité.

Exigences ATEX sur l'extracteur d'urgence

Dans la salle des machines, une ventilation d'urgence est requise. Le moteur doit être placé en dehors du flux (ne nécessitant ainsi pas de conception ATEX) ou être de conception ATEX. Le ventilateur doit éviter également la formation d'étincelles.

La commande devra être indépendante des autres commandes électriques dont l'alimentation électrique sera coupée en cas de fuite.

- L'article 46 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise que « l'éclairage de secours et les moteurs de la ventilation additionnelle restant sous tension doivent être conçus conformément à la réglementation en vigueur. » L'article 3 précise que « Les moteurs des extracteurs doivent être protégés pour éviter tout risque d'explosion ».

- La partie 3 de la norme (§5.17.1.2) explicite que « le ventilateur d'urgence par refoulement doit être a) muni de moteur en dehors du débit d'air, ou b) assigné à des zones dangereuses. […] Le ventilateur ne doit pas provoquer d'étincelles s'il entre en contact avec le matériau des conduites. »

Prévention des inflammations

Des mesures sont prises pour prévenir les sources d'inflammation (permis de feu, interdiction de fumer…).

- L'article 44 de l'arrêté du 16 juillet 1997 rappelle que « Dans les installations où il existe un risque d'incendie ou d'explosion, il est interdit de fumer ou d'apporter du feu sous une forme quelconque ou encore d'utiliser des matériels susceptibles de générer des points chauds, sauf pour la réalisation de travaux ayant fait l'objet d'un permis de feu délivré et dûment signé par l'exploitant ou par la personne qu'il aura nommément désignée. »

Détection explosimétrique

Un capteur explosimétrique sera installé en SDM, car souvent les capteurs toximétrique installé pour le premier et deuxième seuil ont une échelle de mesure limitée. Le capteur explosimétrique permettra à tout moment en cas incident la lecture de la concentration et ainsi d'avertir sur le niveau de risque réel les équipes d'intervention présente.

6. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la pollution (Mesure P)

Rétention générale dans la salle des machines

Pour prévenir les épandages accidentels dans le milieu, la salle des machines doit être conçue pour faire office de rétention. La rétention est correctement dimensionnée (capacités, résistance à la substance…).

Une pratique usuelle consiste à surélever le seuil de la salle des machines pour que le sol fasse office de rétention. Il n'y a généralement pas d'office d'obturation en tant que tel.

Les matières incompatibles ne doivent pas être stockées dans la même rétention.

Les stations de vannes seront équipées de cuvettes de rétention raccordé sur le même réseau des eau usées. Il en sera de même pour les cuvettes des évaporateurs du système.

Un système de contrôle (détection ammoniac) des rejets sera mis en place associé à une vanne motorisée qui se fermera en cas de présence d'ammoniac. Ce système ainsi que le fonctionnement de la vanne devront faire partis des contrôles opérationnels.

- L'article 32 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise « Toute utilisation d'ammoniac susceptible de créer une pollution de l'eau ou du sol, notamment à l'ensemble de la salle des machines, doit être associée à une capacité de rétention dont le volume doit être au moins égal à la plus grande des deux valeurs suivantes :
  - 100% de la capacité du plus grand réservoir ;
  - 50% de la capacité globale des réservoirs associés.
- La capacité de rétention doit être étanche aux produits qu'elle pourrait contenir et résister à l'action physique et chimique de l'ammoniac. Il en est de même pour le dispositif d'obturation, qui doit être maintenu fermé en conditions normales. […] Les produits récupérés en cas d'accident ne peuvent être rejetés que dans des conditions conformes au présent arrêté ou doivent être éliminés comme les déchets. Des réservoirs ou récipients contenant des produits susceptibles de réagir dangereusement ensemble ne doivent pas être associés à la même cuvette de rétention. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 demande à contrôler « l'existence des cuvettes de rétention, ainsi que l'existence et le contenu d'une procédure de traitement des eaux ammoniaquées, le volume et de l'étanchéité des cuvettes, l'étanchéité de l'aire de chargement et de déchargement. »
- La partie 3 de la norme NF EN 378 (§ 5.14.3.1) précise : « Pour empêcher le R-717 d'atteindre les eaux de surface, un système de captation doit être conçu et installé conformément aux réglementations nationales. Le plancher de la salle des machines doit être conçu de manière à empêcher le R-717 liquide de s'échapper de la salle. Le tuyau d'écoulement du système de captation doit être normalement fermé. »

Rétention sur aires de transferts

L'article 32 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Les aires de chargement et de déchargement de véhicules citernes doivent être étanches et reliées à des rétentions dimensionnées selon les mêmes règles. »

Bassin de confinement

Les installations de plus de 20 tonnes doivent être équipées d'un bassin de confinement. Ces capacités étant peu usuelles dans les installations de réfrigération à l'ammoniac, les prescriptions de l'arrêté du 16 juillet 1997 relatives aux bassins de confinement (articles 33) ne sont pas détaillées dans ce guide.

Dissociation eaux procédés et eaux pluviales

En plus des mesures évoquées ci-dessus (rétention, consignes d'intervention, points de captage des purges…), les eaux utilisées dans le procédé doivent être dissociées des eaux pluviales ; un contrôle de leur qualité doit être effectué avant leur rejet. Les tuyauteries contenant de l'ammoniac ne sont pas installées dans des conduits en liaison avec les égouts.

- L'article 34 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « le rejet direct d'eaux de refroidissement ou de chauffage ainsi que des eaux de dégivrage provenant des circuits alimentant des échangeurs et appareillages dans lesquels circulent l'ammoniac ne peut être effectué qu'après avoir vérifié que ces eaux ne soient pas polluées accidentellement. »
- L'article 35 ajoute : « Le réseau de collecte doit être de type séparatif, permettant d'isoler les eaux résiduaires polluées des eaux pluviales non susceptibles être polluées. Les points de rejet des eaux résiduaires doivent être en nombre aussi réduit que possible et aménagés pour permettre un prélèvement aisé d'échantillon et l'installation d'un dispositif de mesure du débit. En aucun cas, les tuyauteries contenant l'ammoniac ne sont situées dans les égouts ou dans les conduits en liaison directe avec les égouts. »
- L'article 37 précise : « Les effluents aqueux récupérés susceptibles d'être pollués (pompages, lavage d'installation. etc.) doivent être stockés dans des capacités avant leur valorisation ou leur élimination dans des conditions ne présentant pas de risque de pollution. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que doivent être vérifiés :
  - « Qu'un contrôle de la qualité des eaux est effectué et formalisé ;
  - Les dispositions prises en cas de fuite, de rejet des eaux de refroidissement, de dégivrage ;
  - Les moyens de contrôle du pH ;
  - L'existence et la mise en œuvre d'un programme de contrôle de rejets. »
- La vérification s'appuiera sur les « documents de contrôle de la qualité des eaux (modalités et mesures), les procédures de traitement des eaux ammoniaquées, le programme de contrôle des rejets. »
- L'article 55 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Toutes dispositions doivent être prises pour qu'une fuite d'ammoniac lors des opérations de chargement et de vidange de l'installation soit rapidement maîtrisée et que son extension soit la plus réduite possible. »

Atlantic Refrigeration Consulting

Annexe 7

Evaluation d'éléments des mesures de maîtrise des risques :
Tableau de synthèse des évaluations

Frédéric LE BRONNEC
07/02/2025

Table des matières

1. Généralités 2

2. Dispositifs de sécurité (Passifs ou Actifs) 3

3. Evaluation des dispositifs assurant la sécurité 5

3.1. Grille d'évaluation 5

3.1.1. Pressostat de sécurité haute pression 6

3.1.2. Ventilateur (réduction des effets) 8

3.1.3. Niveau de sécurité haut 10

3.1.4. Soupapes (gaz) 12

3.1.5. Détecteur gaz 14

3.1.6. Coupure du système de réfrigération 16

3.1.7. Alarme et action humaine 17

Cette annexe présente les tableaux de synthèse d'évaluation d'éléments de mesures de maîtrise des risques. Les MMR seront évaluées dans l'étude de dangers en considérant les performances des différents éléments. Ainsi une MMR pourra comprendre trois parties : détection, traitement, action. Chaque élément doit être évalué pour déterminer les performances de la mesure de maîtrise des risques.

1. Généralités

Barrière technique de sécurité (BTS) : ensemble d'éléments techniques nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité. On les appelle aussi des Mesures de Maîtrise des Risques (MMR).

Barrière Instrumentée de sécurité (BIS) : chaîne de traitement comprenant une prise d'information (capteur, détecteur…), un système de traitement (automate, calculateur, relais…) et une action (actionneur avec ou sans intervention d'un opérateur) et des moyens de communication (analogiques, numériques, Tout Ou Rien) pour réaliser une fonction de sécurité.

Barrières à action manuelle de sécurité (BAMS) : barrières qui font intervenir des éléments techniques et humains.

Les tableaux d'évaluation des différents éléments s'appuient sur les exigences précisées dans l'annexe précédente.

Il est rappelé qu'une mesure de maitrise est une notion réglementaire définie comme un ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité. La notion d'EIPS a été remplacée par la notion de mesure de maîtrise des risques.

Dans les tableaux suivants, le NC (Niveau de Confiance) est lié à la PFD (Probabilité de Défaillance) de l'élément étudié selon la règle suivante : PFD = 10-NC. Les principes de l'évaluation des performances des MMR sont explicités dans les rapports INERIS Oméga 10 et Oméga 20 pour respectivement les barrières techniques de sécurité et les barrières humaines de sécurité.

Parfois le terme SIL (Safety Integrity Level) est utilisé. Il traduit également la fiabilité de la MMR. Mais il est déterminé dans le cadre d'un processus de certification.

2. Dispositifs de sécurité (Passifs ou Actifs)

Un dispositif de sécurité est en général un élément unitaire, autonome, ayant pour objectif de remplir une fonction de sécurité, dans sa globalité.

Un dispositif peut être classé en 2 catégories :

- Les **dispositifs passifs** qui ne mettent en jeu aucun système mécanique pour remplir leur fonction et qui ne nécessitent ni action humaine (hors intervention de type maintenance), ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour remplir leur fonction. On retrouve notamment dans cette catégorie les cuvettes de rétention, les disques de rupture, les arrête-flammes ainsi que les murs coupe-feu.
- Les **dispositifs actifs** qui mettent en jeu des dispositifs mécaniques (ressort, levier…) pour remplir leur fonction. On retrouve notamment dans cette catégorie les soupapes de décharge et les clapets limiteurs de débit.

Systèmes Instrumentés de sécurité SIS : ce sont des combinaisons de capteur, d'unité de traitement et d'actionneur ayant pour objet de remplir une fonction, ou sous fonction, de sécurité. Un SIS nécessite une énergie extérieure pour initier ses composants et mener à bien sa fonction de sécurité.

Remarque : Les capteurs électriques considérés comme des EIPS, seront câblé de façon « **à sécurité positive** ». De cette façon, par manque de tension les alarmes sont automatiquement émises (même si le défaut n'existe pas réellement, cela est nécessaire pour déceler un disfonctionnement de la chaine de sécurité qui doit toujours rester sous tension.

De même qu'une vanne dite de sécurité doit être câblée de la même façon pour être toujours opérationnelle. Exemple une vanne électropneumatique pourrait se fermer par manque de tension sur la bobine de l'électrovanne du circuit d'air alimentant cette même vanne.

Il est recommandé qu'une chaine de sécurité des EIPS ne passe pas par un API, mais doit être connecté directement sur la puissance (on peut avoir un report sur l'automate bien sûr, mais ce n'est pas l'automate qui doit émettre un signal de coupure).

Dénomination barrières	Dispositif PASSIF	Dispositif ACTIF	Systèmes instrumentés de sécurité SIS		Temps de réponse *(secondes)*	NC
			Simple	Complexe		
Murs coupe-feu	X		Sans objet		1	3
Fermeture automatique des portes	X		Sans objet		1	2
Cuvette de rétention dans locaux	X		Sans objet		1	3
Cheminée d'extraction air ammoniaqué	X		Sans objet		1	3
Disposition du matériel à l'intérieur de locaux	X		Sans objet		1	3
Calcul des circuits selon normes en vigueur	X		Sans objet		1	3
Ventilateur d'extraction d'air ammoniaqué dans cheminée		X	Sans objet		30	2
Pressostat de sécurité type double soufflet		X	Sans objet		1	2
Soupape de sécurité		X	Sans objet		1	2
Vannes de décharge en décompression		X	Sans objet		1	1
Clapet anti-retour		X	Sans objet		1	2
Bouton arrêt d'urgence		X	Sans objet		1	2
Niveau électrique de sécurité		X	Sans objet		1	1
Détecteur incendie avec capteurs		X	Oui		30	2
Détecteur NH3		X	Sans objet		15	2
Capteur NH3		X	Sans objet		1	2
Détecteur NH3 + capteurs		X	Oui		16	2
Ventilateur d'extraction d'air ammoniaqué dans cheminée secourue		X	Oui		30	2
Vanne motorisée électropneumatique à sécurité positive		X	Oui		1	2

3. Evaluation des dispositifs assurant la sécurité

Les équipements définis comme important pour la sécurité ayant été déterminé par l'exploitant, on exigera de ces équipements qu'ils répondent pour la sécurité à des caractéristiques spécifiques.

Ces caractéristiques servent de base d'évaluation des EIPS et sont regroupées en trois catégories :

1. Caractéristiques de conception,
2. Comportement sur défauts,
3. Suivi de l'équipement (maintenance, vérification, étalonnage).

3.1. Grille d'évaluation

Cette méthodologie d'évaluation consiste à contrôler et valider l'adéquation entre les performances des matériels et l'utilisation sur site, elle s'appuie sur une notation des différentes performances évoquées précédemment à l'aide d'une grille d'évaluation.

L'évaluation d'un équipement au moyen de cette grille se déroule en cinq étapes.

Première étape :

Définir le danger combattu et les équipements IPS associés, en indiquant leur désignation, leur fonction ainsi que leur quantité.

Deuxième étape :

Evaluer le niveau d'efficacité et de fiabilité des équipements IPS en s'assurant qu'ils répondent aux exigences des 5 principes (PI à P5) évoqué précédemment. Pour chaque principe, on donne la note 1 si l'exigence est remplie et la note 0 si elle n'est pas remplie. Indiquer le temps de réponse, si l'équipement est concerné par cette performance.

Troisième étape :

Evaluer le comportement de l'équipement IPS vis à vis des défauts. Pour chaque défaut (inviolabilité, mode dégradé, blocage, compatibilité) évoqué précédemment, on met la note 1 s'il n'y le défaut est possible et la note 0 si le défaut ne peut exister.

Quatrième étape :

Définir si les actions d'ordre organisationnel, nécessaires au bon fonctionnement de l'équipement IPS, sont mises en place. Ceci consiste à vérifier la mise en œuvre d'actions planifiées et systématiques, fondées sur des procédures écrites, mises à jour et donnant lieu à l'établissement de documents archivés. Pour chaque action organisationnelle (procédure de mise en œuvre, de maintenance, d'étalonnage) définie précédemment, on donne la note 1 si elle est mise en place et appliquée et la note 0 dans le cas contraire.

Cinquième étape :

Donner la note finale de l'équipement et statuer sur son niveau de confiance. Le principe de notation finale est en cours de validation. Nous testons cette méthode d'évaluation sur plusieurs sites chimiques afin d'avoir un retour d'expérience suffisant vis à vis de cette cotation.

3.1.1. Pressostat de sécurité haute pression

Pressostat – usuellement considéré comme EIPS			
Pressostat de sécurité HP modèle :	KP7ABS ou similaire		
Fabricant	Danfoss ou autre		
Généralités			
Danger combattu	Rejet d'ammoniac dans l'atmosphère par suite de rupture de matériel consécutif à une montée en pression du circuit de refoulement du compresseur frigorifique.		
Barrière active	Par manque de tension le pressostat déclenche		
Barrière de prévention	Par action le compresseur est immédiatement arrêté pour faire descendre la pression.		
Description de l'équipement			
Désignation	Pressostat de sécurité haute pression (HP)		
Fonction	Arrêt total de l'installation en cas de montée au-delà de la pression de 16 bars.		
Temps de réponse avec arrêt système	Ce temps est inférieur à une seconde y compris détection et action souhaitée		
Caractéristique de conception / Niveau d'efficacité et de fiabilité			
*Exigence remplie note = **1** ; non remplie note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Principe de concept éprouvé	✓ Pas de taux de défaillance connu à ce jour. ✓ Dispositif certifié conformément aux normes EN 60947-4-1, EN 60947-5-1, Low Voltage Directives 73/23/EC, PED 97/23/EC. ✓ Voir la fiche de fonctionnement du constructeur.	**P1**	**1**
Principe de sécurité positive	✓ En cas de surpression sur un ou deux soufflets le pressostat déclenche (le réarmement est manuel). ✓ En cas de différence de pression entre les 2 soufflets le pressostat déclenche. ✓ En cas de manque de tension le pressostat déclenche.	**P2**	**1**
Principe de tolérance à la défaillance	✓ Ce pressostat est mis en redondance par rapport à un autre pressostat HP de conception différente mais assurant la fonction de sécurité HP en priorité par rapport à celui-ci. ✓ Si un des éléments le constituant est défectueux le pressostat déclenche.	**P3**	**1**
Principe de résistance aux contraintes spécifiques	✓ Ce pressostat a spécialement été étudié pour protéger les circuits HP des compresseurs frigorifiques. ✓ Ce pressostat a subi des essais de validation (voir certificat). ✓ Ce pressostat est conforme aux Normes Européennes pré citées.	**P4**	**1**
Principe de testabilité	✓ Ce pressostat peut être testé en ligne à l'N2 avec manomètre étalon. ✓ Des procédures de test du pressostat seront mises en œuvre après sa mise en place. (Test installateur en partenariat avec utilisateur, 2 fois par an si un seul pressostat et 1 fois par an dans le cas d'une centrale avec plusieurs pressostats (ex. x compresseur + un pressostat général, et archivage sur 3 ans). ✓ Toute la chaîne de sécurité complète sera également testée dans les mêmes conditions.	**P5**	**1**

Comportement sur défaut de l'équipement			
*Pas de dysfonctionnement note = **1** ; dysfonctionnement note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Mise hors service de la barrière	✓ La barrière ne peut pas être mise hors service sauf lors des tests en réels, avec une procédure spécifique. ✓ Le boitier d'accès aux valeurs de réglages est scellé. ✓ Seul du personnel compétent est habilité à intervenir sur le pressostat. ✓ Les valeurs de réglages ne sont pas accidentellement modifiables par inattention.	D1	1
Etat bloqué	✓ La barrière ne peut pas se bloquer sécuritairement. ✓ En cas de défaillance de l'un des soufflets le pressostat déclenche en sécurité. ✓ En cas de disconnection de l'un des 2 capillaires de prise de pression le pressostat déclenche en sécurité. ✓ Toutes les parties mécaniques sont inaccessibles car enfermées dans le boitier scellé.	D2	1
Efficacité dégradée ou dérive	✓ En cas de défaillance de l'un des soufflets le pressostat déclenche en sécurité. ✓ En cas de disconnection de l'un des 2 capillaires de prise de pression le pressostat déclenche en sécurité.	D3	1
Compatibilité avec le système	✓ La technologie du système est compatible avec le fonctionnement du compresseur à protéger quel que soit les conditions d'exploitation (poussières, milieu salin, ammoniac, hygrométrie, températures ambiantes de -10°C à +60°C).	D4	1
Inspection et maintenance spécifique / Organisation entretien			
*Procédures existantes note = **1** ; Pas de procédures note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Procédure spécifique opératoire	✓ La conception de la barrière est de conception simple, fréquemment utilisée dans les circuits frigorifiques sans connaissance particulière du produit. ✓ Des vérifications mensuelles seront effectuées pour garantir la présence physique de l'EIPS.	AQ1	1
Procédure de maintenance préventive	✓ La maintenance suivra les recommandations du fabricant quant aux périodicités de contrôle. ✓ Toutes les procédures de maintenance seront archivées pour une durée minimale de 3 ans.	AQ2	1
Procédure d'étalonnage	✓ L'étalonnage se fera au minimum 2 fois par an selon des procédures de l'installateur avec utilisation de manomètre étalon.	AQ3	1
Niveau SIL (**S**afety **I**ntegrity **L**evel)			
	Non communiqué par le constructeur	SIL	NA
Niveau de confiance (NC)			
Information complémentaire	✓ En plus du pressostat général (EIPS), il y a un pressostat de sécurité par compresseur dont la valeur de réglage est sensiblement inférieure à la valeur du pressostat EIPS. ✓ Il y a encore avant les pressostats, un transmetteur de pression analogique qui met le compresseur en limitation quand la préalarme est atteinte.	ACCEPTABLE NC	 2

3.1.2. Ventilateur (réduction des effets)

Ventilateur (réduction des effets) – usuellement considérées comme des EIPS			
Extracteur NH3 de la salle des machines (SDM)		Ventilateur ATEX	
Fabricant		AREM ou autre	
Généralités			
Danger combattu	Rejet d'ammoniac dans l'atmosphère par suite de rupture accidentelle d'origine humaine ou mécanique.		
Barrière active	Après détection ou action sur BAU l'extraction mécanique se met en service.		
Barrière de prévention	Après détection ou action sur BAU l'extraction mécanique se met en service pour éviter l'accumulation d'ammoniac dans la SDM.		
Description de l'équipement			
Désignation	Ventilateur d'extraction à flux vertical direct.		
Fonction	Extraction NH3.		
Temps de réponse avec arrêt système	Ce temps est inférieur à une seconde après commande de l'extraction.		
Caractéristique de conception / Niveau d'efficacité et de fiabilité			
*Exigence remplie note = **1** ; non remplie note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Principe de concept éprouvé	✓ Pas de taux de défaillance connu à ce jour. ✓ Dispositif certifié conformément aux normes standard ATEX.	**P1**	**1**
Principe de sécurité positive	✓ Nécessité d'une source d'énergie pour fonctionner.	**P2**	**0**
Principe de tolérance à la défaillance	✓ L'extracteur n'est pas tolérant à la première défaillance puisqu'un dysfonctionnement peut conduire à la perte de la fonction d'extraction. ✓ Cependant la présence de la cheminée d'extraction qui sera mise en place avec une entrée d'air neuf par grille équipée avec vantelles dynamiques permettra l'extraction de manière naturelle de la SDM. Cette extraction sera efficace en début de fuite importante. Les derniers ppm d'NH3 seront longs à évacuer mais on sera en dehors des zones d'explosivité normale de l'NH3.	**P3**	**1**
Principe de résistance aux contraintes spécifiques	✓ Ce ventilateur a été étudié pour véhiculer des fluides explosifs. ✓ Ce ventilateur a subi des essais de validation (voir certificat). ✓ Ce ventilateur est conforme aux Normes Européennes pré citées.	**P4**	**1**
Principe de testabilité	✓ Ce ventilateur peut être testé facilement. ✓ Des procédures de test du ventilateur seront mises en œuvre après sa mise en place. (Test installateur en partenariat avec utilisateur, 2 fois par an, et archivage sur 3 ans). ✓ Toute la chaîne de sécurité complète sera également testée dans les mêmes conditions avec vérification du conduit d'évacuation et fonctionnement libre des vantelles.	**P5**	**1**

Comportement sur défaut de l'équipement			
*Pas de dysfonctionnement note = **1** ; dysfonctionnement note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Mise hors service de la barrière	✓ La barrière ne peut pas être mise hors service sauf lors des tests en réels, avec une procédure spécifique. ✓ Le coffret électrique d'accès aux commandes est fermé à clef. ✓ Seul du personnel compétent est habilité à intervenir sur l'ensemble ventilation.	D1	1
Etat bloqué	✓ La barrière peut se bloquer sécuritairement. ✓ Cependant une procédure permet de vérifier régulièrement le fonctionnement du ventilateur par une simple mise en marche forcée manuelle.	D2	1
Efficacité dégradée ou dérive	✓ En cas de défaillance du ventilateur la fonction de sécurité est assurée par tirage naturel réduit de l'ammoniac.	D3	0
Compatibilité avec le système	✓ Une procédure permet de vérifier régulièrement le fonctionnement du ventilateur par une simple mise en marche forcée manuelle.	D4	1
Inspection et maintenance spécifique / Organisation entretien			
*Procédures existantes note = **1** ; Pas de procédures note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Procédure spécifique opératoire	✓ La conception de la barrière est de conception simple, fréquemment utilisée dans les circuits frigorifiques sans connaissance particulière du produit. ✓ Des vérifications mensuelles seront effectuées pour garantir la présence physique de l'EIPS.	AQ1	1
Procédure de maintenance préventive	✓ La maintenance suivra les recommandations du fabricant quant aux périodicités de contrôle. ✓ Toutes les procédures de maintenance seront archivées pour une durée minimale de 3 ans.	AQ2	1
Procédure d'étalonnage	✓ Test / Maintenance : effectué régulièrement ; vérifier trimestriellement selon guide AFF. ✓ Le contrôle du débit d'air se fera à la mise en service de l'équipement selon des procédures de l'installateur.	AQ3	1
Niveau SIL (Safety Integrity Level)			
	Non communiqué par le constructeur	SIL	NA
Niveau de confiance (NC)			
Information complémentaire	✓ Débit mini : V = 14 × 10-3 x m2/3, où V est le débit d'air en m3/s ; m est la masse de la charge de fluide frigorigène, en kg ; ✓ Débit maxi : 15 renouvellements/h d'air ; ✓ Etanchéité : « l'étanchéité » est assurée par des portes coupe-feu et le scellement des passages de tuyauteries et gaines ; ceci permet de limiter les fuites par les orifices au niveau du sol ou vers des locaux habités en cas de fuite ; il ne s'agit pas d'une étanchéité « totale » (plus une préoccupation de non-propagation d'un incendie) ;	ACCEPTABLE NC	2

3.1.3. Niveau de sécurité haut

Niveau haut de sécurité – usuellement considéré comme EIPS			
Niveau haut sur bouteille séparatrice de liquide		LL	
Fabricant		Parker	
Généralités			
Danger combattu	Rejet d'ammoniac dans l'atmosphère par suite de rupture de matériel consécutif à une arrivée intempestive d'ammoniac liquide à l'aspiration du compresseur.		
Barrière active	Par manque de tension le pressostat déclenche		
Barrière de prévention	Par action le compresseur est immédiatement arrêté pour éviter l'aspiration de l'ammoniac liquide.		
Description de l'équipement			
Désignation	Niveau Haut de sécurité.		
Fonction	Arrêt total de l'installation en cas de dépassement de niveau d'ammoniac.		
Temps de réponse avec arrêt système	Ce temps est de l'ordre de 10 secondes compris détection et action souhaitée.		
Caractéristique de conception / Niveau d'efficacité et de fiabilité			
*Exigence remplie note = **1** ; non remplie note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Principe de concept éprouvé	✓ Pas de taux de défaillance connu à ce jour. ✓ Appareils de sécurité réglementaires classés « Catégorie IV » et conforme à la Directive Européenne 97/23/CE. ✓ Voir la fiche de fonctionnement du constructeur	**P1**	**1**
Principe de sécurité positive	✓ En cas d'atteinte du niveau prédéfini le contact déclenche. ✓ En cas de manque de tension le contact déclenche. ✓ En cas de surtension le contact déclenche.	**P2**	**1**
Principe de tolérance à la défaillance	✓ Ce niveau agit seul sur l'installation en tant que système instrumenté de sécurité S.I.S. ✓ Si un des éléments le constituant est défectueux le niveau déclenche.	**P3**	**0**
Principe de résistance aux contraintes spécifiques	✓ Ce contrôleur de niveau a été spécialement étudié pour les fluides corrosifs. ✓ Ce pressostat a subi des essais de validation (voir certificat. ✓ Ce pressostat est conforme aux Normes Européennes pré citées.	**P4**	**1**
Principe de testabilité	✓ Ce contrôleur de niveau NE PEUT PAS être testé facilement. ✓ Ce contrôleur de niveau ne peut être testé qu'en situation réelle. ✓ Des procédures de test du contrôleur de niveau seront mises en œuvre après sa mise en place. (Test installateur en partenariat avec utilisateur, 2 fois par an, et archivage sur 3 ans). ✓ Toute la chaîne de sécurité complète sera également testée dans les mêmes conditions.	**P5**	**0**

Comportement sur défaut de l'équipement			
*Pas de dysfonctionnement note = **1** ; dysfonctionnement note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Mise hors service de la barrière	✓ La barrière ne peut pas être mise hors service sauf lors des tests en réels, avec une procédure spécifique. ✓ Le boitier d'accès aux valeurs de réglages est scellé. ✓ Seul du personnel compétent est habilité à intervenir sur le contrôleur de niveau. ✓ Les valeurs de réglages ne sont pas accidentellement modifiables par inattention.	D1	1
Etat bloqué	✓ La barrière ne peut pas se bloquer sécuritairement. ✓ Toutes les parties mécaniques sont inaccessibles car enfermées dans le boitier scellé.	D2	1
Efficacité dégradée ou dérive	✓ En cas de défaillance d'un capteur, la voie se met en défaut après auto-scrutation.	D3	1
Compatibilité avec le système	✓ La technologie du système est compatible avec le fonctionnement du compresseur à protéger quel que soit les conditions d'exploitation (poussières, milieu salin, ammoniac, hygrométrie, températures ambiantes de -40°C à +60°C).	D4	1
Inspection et maintenance spécifique / Organisation entretien			
*Procédures existantes note = **1** ; Pas de procédures note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Procédure spécifique opératoire	✓ La conception de la barrière est de conception simple, fréquemment utilisée dans les circuits frigorifiques sans connaissance particulière du produit. ✓ Des vérifications mensuelles seront effectuées pour garantir la présence physique de l'EIPS.	AQ1	1
Procédure de maintenance préventive	✓ La maintenance suivra les recommandations du fabricant quant aux périodicités de contrôle. ✓ Toutes les procédures de maintenance seront archivées pour une durée minimale de 3 ans.	AQ2	1
Procédure d'étalonnage	✓ L'étalonnage se fera au minimum 2 fois par an selon des procédures de l'installateur dans le cas de capteur analogique (ici le LL est un actionneur TOR).	AQ3	1
Niveau SIL (**S**afety **I**ntegrity **L**evel)			
	Non communiqué par le constructeur	SIL	NA
Niveau de confiance (NC)			
Information complémentaire	✓ En plus du pressostat général (EIPS), il y a un pressostat de sécurité par compresseur dont la valeur de réglage est sensiblement inférieure à la valeur du pressostat EIPS. ✓ Il y a encore avant les pressostats, un transmetteur de pression analogique qui met le compresseur en limitation quand la préalarme est atteinte.	**ACCEPTABLE** NC	 1

3.1.4. Soupapes (gaz)

Soupapes (gaz) – usuellement considérées comme des EIPS			
	Soupapes de sécurité	SVA ou CDV ou similaire	
	Fabricant	Danfoss, CAEN ou autre	
Généralités			
Danger combattu	Eclatement par surpression des équipements sous pression.		
Barrière active	A la pression tarée, la soupape s'ouvre et permet l'évacuation vers l'extérieur.		
Barrière de prévention	En s'ouvrant la soupape crée une dépression (détente), et la pression diminue ainsi.		
Description de l'équipement			
Désignation	Soupapes de sécurité.		
Fonction	A la pression tarée, la soupape s'ouvre et permet l'évacuation vers l'extérieur.		
Temps de réponse avec arrêt système	L'ouverture se fait à la pression tarée (+/- 5%), avec un temps de réponse immédiat et compatible avec la cinétique.		
Caractéristique de conception / Niveau d'efficacité et de fiabilité			
*Exigence remplie note = **1** ; non remplie note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Principe de concept éprouvé	✓ Pas de taux de défaillance connu à ce jour. ✓ Dispositif certifié conformément aux normes EN 378, EN 13136 et à la directive 97/23/CE, et de niveau de sécurité catégorie IV. ✓ Voir la fiche produit du constructeur.	P1	1
Principe de sécurité positive	✓ Pas de concept de sécurité positive sur les soupapes.	P2	NA
Principe de tolérance à la défaillance	✓ Pour chaque zone une soupape est mise en redondance sur le même équipement mais aussi par rapport à un autre ensemble.	P3	1
Principe de résistance aux contraintes spécifiques	✓ Ces ensembles ont subi des essais de validation (voir certificat). ✓ Ces ensembles sont conformes à la Norme Européenne pré citée.	P4	1
Principe de testabilité	✓ Ces ensembles peuvent être testé facilement (montage sur robinet inverseur). ✓ Ces ensembles peuvent être testés en marche avec gaz étalon	P5	1
Comportement sur défaut de l'équipement			
*Pas de dysfonctionnement note = **1** ; dysfonctionnement note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Mise hors service de la barrière	✓ La barrière ne peut pas être mise hors service sauf lors des tests en réels, avec une procédure spécifique. ✓ Seul du personnel compétent est habilité à intervenir sur ces ensembles. ✓ Les valeurs de réglages ne sont pas accidentellement modifiables par inattention.	D1	1
Etat bloqué	✓ La barrière ne peut pas se bloquer sécuritairement.	D2	1

Efficacité dégradée ou dérive	✓ En cas de défaillance d'une soupape, une autre soupape peut s'ouvrir (montage de deux soupapes sur robinet inverseur) ✓ Un circuit se compose en général de plusieurs groupes de soupapes.	D3	1
Compatibilité avec le système	✓ La technologie du système est compatible avec sa fonction à assurer (réjection NH3) quel que soit les conditions d'exploitation (Extérieure ou intérieure).	D4	1
Inspection et maintenance spécifique / Organisation entretien			
*Procédures existantes note = **1** ; Pas de procédures note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Procédure spécifique opératoire	✓ La conception de la barrière est de conception simple, fréquemment utilisée dans les circuits frigorifiques et calculé suivant des normes bien précise (EN 378 et EN 13136).	AQ1	1
Procédure de maintenance préventive	✓ La maintenance suivra les recommandations du fabricant quant aux périodicités de contrôle. ✓ Toutes les procédures de maintenance seront archivées pour une durée minimale de 10 ans.	AQ2	1
Procédure d'étalonnage	✓ Test / Maintenance : effectué régulièrement ; vérifié tous les 5 ans ; contrat d'entretien avec l'installateur	AQ3	1
Niveau SIL[6] (**S**afety **I**ntegrity **L**evel)			
	Elément non communiqué par le fournisseur	SIL	NA
Niveau de confiance[5] (NC)			
Information complémentaire	✓ Les soupapes répondent à une réglementation précise, il est aussi très important de souligner que le collecteur soupapes est aussi réglementé (suivant la EN 13136), et calculé suivant de pertes de charges réglementaires pour garantir le bon fonctionnement des soupapes. ✓ Le collecteur soupapes sera relié à une détection NH3 pour avertir d'un déclenchement ou d'une fuite.	**ACCEPTABLE**	
		NC	2

Pour plus d'informations sur les soupapes, le lecteur pourra se reporter à la fiche Badoris : soupapes : BADORIS - Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.) - Soupape de sécurité - Version 2.1 – novembre 2007. Lien :

http://www.ineris.fr/badoris/Pdf/GIL/GIL_soupape_securite_V2_1.pdf

(5) Le NC de deux soupapes redondantes dépend notamment de la solution de montage et de l'efficacité de chaque soupape (débit, tarage). On s'assurera qu'un NC2 peut être retenu.

3.1.5. Détecteur gaz

Détecteur (gaz) – usuellement considérées comme des EIPS			
Capteur NH3 avec son transmetteur	EC28-EC22		
Fabricant	GFG Gas Détection Technologies		
Généralités			
Danger combattu	Rejet d'ammoniac dans l'atmosphère par suite de rupture accidentelle d'origine humaine ou mécanique.		
Barrière active	Par présence d'ammoniac au seuil prédéfini l'ensemble de détection arrête l'installation et isole la partie distribution de la partie SDM.		
Barrière de prévention	Au signal détecté, l'installation est arrêtée pour limiter la durée et par conséquent la quantité du rejet dans la SDM, ou dans la salle de PROCESS, puis à l'extérieur.		
Description de l'équipement			
Désignation	Ensemble de détection NH3.		
Fonction	Arrêt total de l'installation en cas de détection au-delà du seuil de 600ppm.		
Temps de réponse avec arrêt système	Ce temps est inférieur à 15 secondes après présence 600ppm NH3 sur sonde.		
Caractéristique de conception / Niveau d'efficacité et de fiabilité			
*Exigence remplie note = **1** ; non remplie note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Principe de concept éprouvé	✓ Pas de taux de défaillance connu à ce jour. ✓ Dispositif certifié conformément aux normes EN 50021 "matériel à énergie limitée de petite dimension pour gaz pouvant être monté dans une zone dangereuse. ✓ Voir la fiche produit du constructeur.	**P1**	**1**
Principe de sécurité positive	✓ En cas de détection NH3 une information est donnée à l'unité de traitement. ✓ En cas de manque de tension une information est donnée à l'unité de traitement pour action sur les éléments terminaux (arrêt SDM, extraction NH3, fermeture vanne de barrage).	**P2**	**1**
Principe de tolérance à la défaillance	✓ Pour chaque zone un ensemble de détection est mis en redondance par rapport à un autre ensemble de détection. ✓ Si un des éléments le constituant est défectueux il y a action sur les organes terminaux. (Arrêt SDM, extraction NH3, fermeture vanne de barrage).	**P3**	**1**
Principe de résistance aux contraintes spécifiques	✓ Ces ensembles de détection ont été spécialement étudiés pour détecter de l'ammoniac dans l'air. ✓ Ces ensembles ont subi des essais de validation (voir certificat). ✓ Ces ensembles sont conformes à la Norme Européenne pré citée.	**P4**	**1**
Principe de testabilité	✓ Ces ensembles peuvent être testé facilement. ✓ Ces ensembles peuvent être testés en marche avec gaz étalon ✓ Des procédures de test de ces ensembles seront mises en œuvre après sa mise en place. (Test installateur en partenariat avec utilisateur, 2 fois par an, et archivage sur 3 ans). ✓ Toute la chaîne de sécurité complète sera également testée dans les mêmes conditions.	**P5**	**1**

Comportement sur défaut de l'équipement			
*Pas de dysfonctionnement note = **1** ; dysfonctionnement note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Mise hors service de la barrière	✓ La barrière ne peut pas être mise hors service sauf lors des tests en réels, avec une procédure spécifique. ✓ Le boitier d'accès aux valeurs de réglages est scellé. ✓ Seul du personnel compétent est habilité à intervenir sur ces ensembles. ✓ Les valeurs de réglages ne sont pas accidentellement modifiables par inattention.	D1	1
Etat bloqué	✓ La barrière ne peut pas se bloquer sécuritairement. ✓ Toutes les parties électroniques sont inaccessibles car enfermées dans un local de contrôle spécifique.	D2	1
Efficacité dégradée ou dérive	✓ En cas de défaillance d'un capteur, la voie se met en défaut après auto-scrutation avec une émission d'alarme sonore et visuelle au niveau de la centrale.	D3	1
Compatibilité avec le système	✓ La technologie du système est compatible avec sa fonction à assurer (détection NH3) quel que soit les conditions d'exploitation (poussières, milieu salin, hygrométrie, températures ambiantes de -40°C à +65°C).	D4	1
Inspection et maintenance spécifique / Organisation entretien			
*Procédures existantes note = **1** ; Pas de procédures note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Procédure spécifique opératoire	✓ La conception de la barrière est de conception simple, fréquemment utilisée dans les circuits frigorifiques sans connaissance particulière du produit. ✓ Des vérifications mensuelles seront effectuées pour garantir la présence physique de l'EIPS.	AQ1	1
Procédure de maintenance préventive	✓ La maintenance suivra les recommandations du fabricant quant aux périodicités de contrôle. ✓ Toutes les procédures de maintenance seront archivées pour une durée minimale de 3 ans.	AQ2	1
Procédure d'étalonnage	✓ Test / Maintenance : effectué régulièrement (partie électrique peut être faite par utilisateur et partie « cellule » doit être faite par un spécialiste (le plus souvent le fournisseur) ; vérifié semestriellement ; contrat d'entretien avec constructeur.	AQ3	1
Niveau SIL[6] (**S**afety **I**ntegrity **L**evel)			
	SIL 2 vérifié, selon constructeur	SIL	2
Niveau de confiance (NC)			
Information complémentaire	✓ Plusieurs détecteurs sont présents dans la salle des machines (par zone de compression et à proximité dans séparateurs de liquide). ✓ Centrale : automate spécifique (le plus souvent) ou automate de l'exploitant ; Si centrale spécifique, est usuellement certifiée (SIL1 ou SIL2) ;	**ACCEPTABLE**	
		NC	2

Pour plus d'informations, le lecteur se reportera aux fiches BADORIS sur le site internet de l'INERIS :

- Fiche sur les détecteurs électrochimiques et capacitifs : détecteur ammoniac : BADORIS - Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.)
- Détecteur fixe de gaz ammoniac - Version 1.1 – janvier 2008 : Fiche sur les détecteurs de gaz inflammables : Détecteur de gaz inflammable – 2004.

(6) Le SIL (Safety Integrity Level) traduit la fiabilité de la MMR. Il est déterminé dans le cadre de certifications de matériel.

L'évaluation de la maîtrise des détecteurs de gaz a fait l'objet d'une fiche d'inspection spécifique (voir Annexe 11) dans le cadre d'une action nationale lancée par le MEDDE en 2014. Le lecteur pourra se reporter à cette fiche et à son guide pédagogique [x] afin d'avoir un complément d'informations pour la maîtrise des détecteurs de gaz, en particulier les aspects « dimensionnement » et « temps de réponse ».

3.1.6. Coupure du système de réfrigération

Coupure du système de réfrigération (coupure des contacteurs)
✓ Indépendance : sans objet ✓ Concept éprouvé en sécurité ; ✓ Dimensionnement et contraintes spécifiques : s'assurer que le relais est bien dimensionné vis-à-vis du courant pouvant le traverser (intensité, pouvoir de coupure) ; ✓ Temps de réponse : quelques dizaines de millisecondes ; ✓ Dispositif technique simple ; ✓ Sécurité positive : les relais de commande et les contacteurs doivent être ouverts en position de repos ; ✓ Test / Maintenance : effectué régulièrement ;
Coupure système de réfrigération : NC1 usuellement ou SIL si certifié Relais de commande et contacteurs : s'ils sont certifiés, on retient le SIL ; sinon NC1 par défaut (en cas de tests fréquents, possibilité au cas par cas de passer à NC2, sur justification).

3.1.7. Alarme et action humaine

Alarme : NC1 par défaut

- ✓ Il faudra s'assurer de l'efficacité des alarmes : position (visibilité de l'alarme visuelle ou audibilité de l'alarme sonore) et niveau sonore.
- ✓ Des tests sont à effectuer régulièrement.

Alarme et action humaine sur arrêt d'urgence à l'extérieur de la salle des machines – considéré usuellement comme un EIPS

- ✓ Indépendance de la conduite ;
- ✓ Concept éprouvé en sécurité ;
- ✓ Dimensionnement et contraintes spécifiques :
- ✓ Positionnement : arrêts d'urgence (commandes manuelles) positionnés dans la salle des machines et à l'extérieur du local ;
- ✓ Relais : s'assurer que le relais est bien dimensionné vis-à-vis du courant pouvant le traverser (intensité, pouvoir de coupure) ;
- ✓ Action humaine : le personnel doit savoir quelles actions mener (procédures d'urgence…) et être formé ;
- ✓ Temps de réponse : quelques millisecondes pour le relayage mais il faut ajouter le temps de réponse du personnel d'intervention qui dépend de sa disponibilité (plusieurs dizaines de minutes en ordre de grandeur) (local à distance ou non) ; requis : maxi 60 minutes pour site de plus de 3 tonnes à vérifier ;
- ✓ Dispositif technique simple : relayage ;
- ✓ Sécurité positive sur le relayage ;
- ✓ Test / Maintenance : effectué régulièrement ; vérifier trimestriellement selon guide AFF.

Alarme et action humaine : NC1

Un arrêt d'urgence du compresseur se trouve aussi en façade de compresseur.

Intervention humaine à l'intérieur de la salle des machines

- ✓ En cas d'intervention dans le local, des EPI doivent être disponibles à proximité ; mais intervention difficile avec mauvaise visibilité du fait de la fuite d'ammoniac et coupure électrique (éclairage de secours uniquement)

Intervention humaine : NC0

Annexe 8 - Etude de la dispersion - Méthode intégrale PHAST

BRIDOR - Falaise (14)

Système NH3

1 - Localisation des scénarii

2 - Rejet depuis une tuyauterie liquide HP – SDM (scénario 11)

3 - Rejet depuis bouteille BP – SDM (scénario 13)

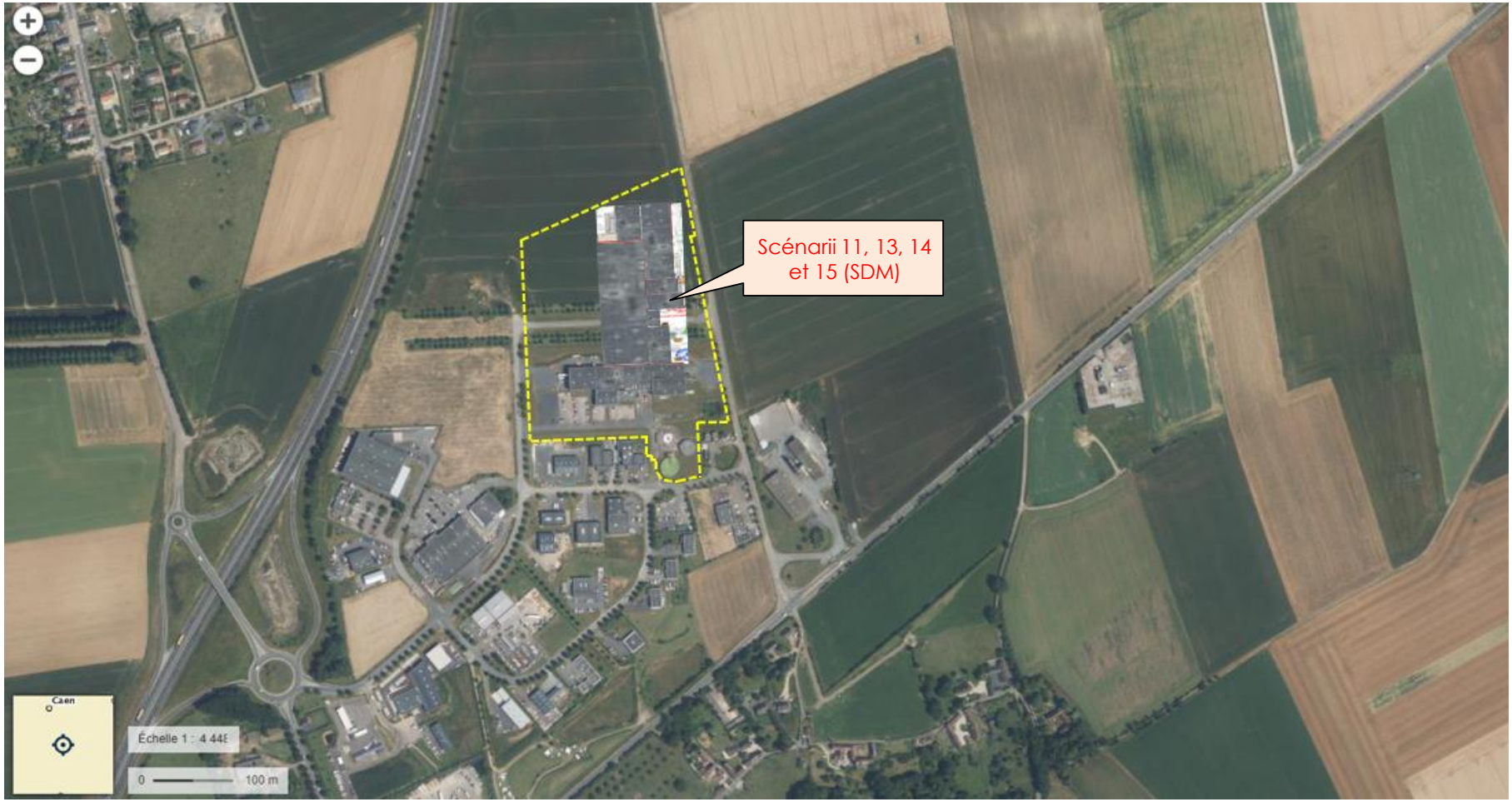
4 - Rejet depuis un tube condenseur extérieur (scénario 14)

5 - Rejet Soupapes de sécurité – Local SDM (scénario 15)

Information : Version du logiciel PHAST 8.22

1 - Localisation des scénarii

La carte du site est téléchargée dans le logiciel PHAST pour positionnement des scénarii retenus (Locaux techniques). Les scénarii modélisés sont les scénarii majorants au point de rejet considéré.



2 - Rejet depuis une tuyauterie liquide HP – SDM (scénario 11)

Données de calculs

L'installation est **supposée en fonctionnement**. Le débit considéré correspond au débit masse HP pour une perte de confinement d'un condenseur + les tuyauteries associées. Le condenseur est considérée à +50°C sous 20 bars absolus (Etat à saturation). Il est fait l'hypothèse d'une rupture d'une tuyauterie en phase liquide, un phénomène de détente est pris en compte dans le calcul de dispersion. L'ammoniac se répand alors dans la rétention sous le condenseur.

Volume local technique	736	m^3	
k pondérateur si grand volume	1,0		*Pour les grands volumes (ex. dans les combles ou galeries techniques)*
Volume de local technique	736	m^3	
Masse NH3 dans le condenseur + tuyauteries	100	kg	*La charge du condenseur (+ tuyauteries, détendeur à flotteur)*
Débit d'extraction	14 000	m^3/h	*La mise en service de l'extracteur de sécurité est asservie au système de détection d'ammoniac*
Masse d'air du local technique	876	kg	

Modélisation du terme source (Fuite)

Les caractéristiques du rejet dans le local technique considéré sont les suivantes :

Diamètre nominal (DN)		50	
Diamètre intérieur		52,48	mm
S	Section	0,0021631	m^2
t1	Température saturante	50	°C
P1	Pression saturante interne	2 034 721	Pa
P_2	Pression saturante extérieure	1 322 569	Pa
T_2	Température du rejet	34,20	°C
M'	débit de fuite	13,41	kg/s
	vitesse de rejet	147,18	m/s
T rejet	Temps de vidange	7,46	s
x_{v2}	taux de vaporisation	0,23	
m'	débit de fuite vapeur	7,91	kg/s

*Les valeurs sont données par un premier calcul « **leak** » sur « **pressure vessel** », la charge considérée est la charge maximum contenue dans le plus important récipient. Lors de cette fuite il y a détente du liquide, le rejet dure T rejet à un débit M' (liquide avec fraction de vapeur du fait de la détente). La température finale correspond à la température d'ébullition de l'ammoniac à pression atmosphérique. La fraction formant une nappe liquide au sol « rain-out », par conséquent la masse directement émise en phase gazeuse et évacués par l'extracteur de sécurité est liée à au calcul du taux de vaporisation combinée avec l'évaporation de la nappe .*

Ultérieurement la nappe qui recouvre le sol de la salle des machines s'évapore lentement à un débit de vapeur de 0,080 kg/s.

Débit de fuite impliquant directement la formation du nuage dans les conditions du terme source

Débit de vapeur + aérosol + évaporation de la nappe : $m' = (x_{v,1} + 2.x_{v,2}.(1-x_{v,1})).M'$ **Q** **59** kg

Pour le calcul de l'évaporation de la nappe "rain-out" on utilise le Modèle de MacKay et Matsugu présenté dans le Yellow Book du TNP (7) et basé sur le modèle de Cavanaugh (30); source Rapport d'étude INERIS-DRA-2005-P46055-C51076

Modélisation du scénario final (rejet en extérieur)

La masse d'air dans le local vaut 876 kg — En prenant en compte une masse volumique de 1,2 kg/m^3

Dans le local, il est par conséquent fait l'hypothèse que, suite au rejet, un mélange air/ammoniac se crée à l'intérieur du local. La fraction massique d'ammoniac à l'équilibre Y_{NH3} est donnée par : $Y_{NH3} = m_{NH3} / (m_{air} + m_{NH3})$

Y_{NH3}	**0,0633191**

La température finale Tf (en K) du mélange est telle que :

$Tf = [Y_{NH3}\ cp_{,NH3}\ T_{NH3} + (1-Y_{NH3})\ cp_{,air}\ T_{air}] / [Y_{NH3}\ cp_{,NH3} + (1-Y_{NH3})\ cp_{,air}]$

Tf	**13,51** °C

$Cp_{,NH3}$	*Chaleur massique à pression constante de l'ammoniac gazeux (2 000 J/kg.K)*
T_{NH3}	*Température d'ébullition de l'ammoniac (239,6 K)*
T_{air}	*Température de l'air ambient (293 K)*
$Cp_{,air}$	*Chaleur massique à pression constante de l'air (1 004 J/kg.K)*

La masse molaire Mf du mélange est déduite de la relation : $Mf = 1 / [Y_{NH3} / M_{NH3} + (1- Y_{NH3})/M_{air}]$; Ou M_{NH3} désigne la masse molaire de l'ammoniac (0,017 kg/mol) et M_{air} désigne la masse molaire de l'air (0,0288 kg/mol).

Mf	**0,02759** kg/mol

La masse volumique moyenne du mélange à 13,51 °C est donc ρm

ρm	**0,8769** kg/m^3

m_{ext}	Débit d'extraction	3,410	kg/s
D	Diamètre du conduit	650	mm
S	Section du conduit	0,3318	m^2
w	Vitesse de rejet	11,719	m/s

Le débit volumique est supposé constant

A ce rythme le temps d'extraction de l'ammoniac vaporisé durant la phase de rejet est de $(Q / (Y_{NH3} \times m_{ext}))$

Temps d'extraction	**274**	secondes

Finalement, le scénario est défini à l'aide du modèle « **user defined** » avec les valeurs imposées sont les suivantes :

m_{ext}	Débit d'extraction	3,410	kg/s
	Temps d'extraction	274	secondes
T finale	Température de rejet	13,51	°C
w	Vitesse de rejet	11,719	m/s
	% ammoniac	6%	
	% air	94%	
H	**Altitude du rejet**	**15**	m

S'agissant d'un rejet vertical de gaz en altitude, toutes les conditions atmosphériques précisées dans la circulaire du 10 mai 2010 sont envisagées.

Enfin, sur la base des seuils d'effets de l'ammoniac indiqués dans le document de l'INERIS-DRC-03-47021-ETSC-Sti de août 2003, les concentrations à rechercher sur le temps d'exposition sont les suivantes :

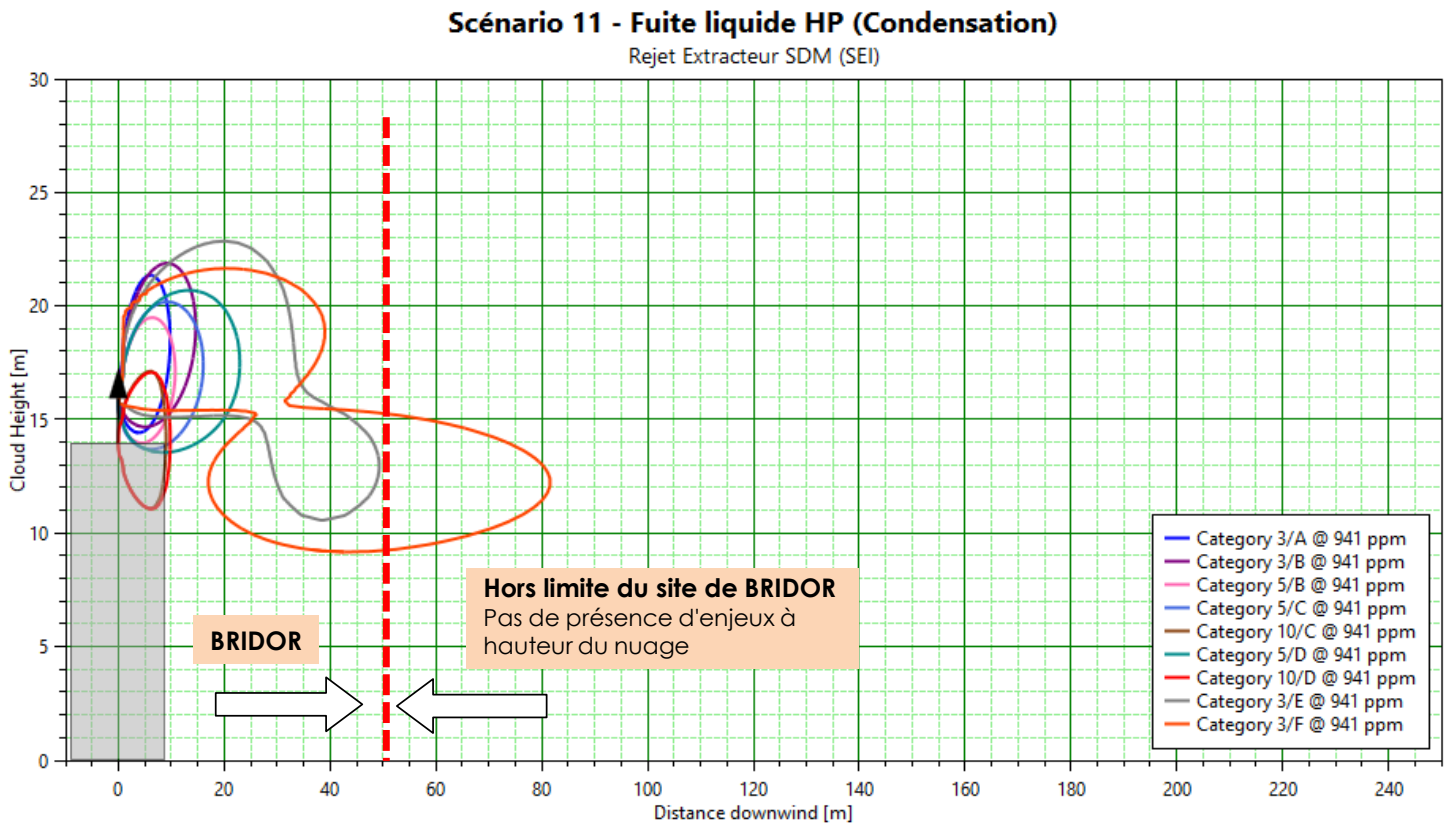
Seuils d'effets irréversibles	**SEI :**	**941**	ppm
Seuils d'effets létaux	**SEL :**	**11 990**	ppm

Résultats de la modélisation du rejet (Dispersion du mélange ammoniaqué)

Le graphique ci-dessous illustre la forme du panache (concentration des effets irréversibles). Les distances d'effets calculées sont en fonctions des différentes conditions de stabilité atmosphérique (Circulaire du 10 mai 2010).

H	**Altitude du rejet**	**15**	m

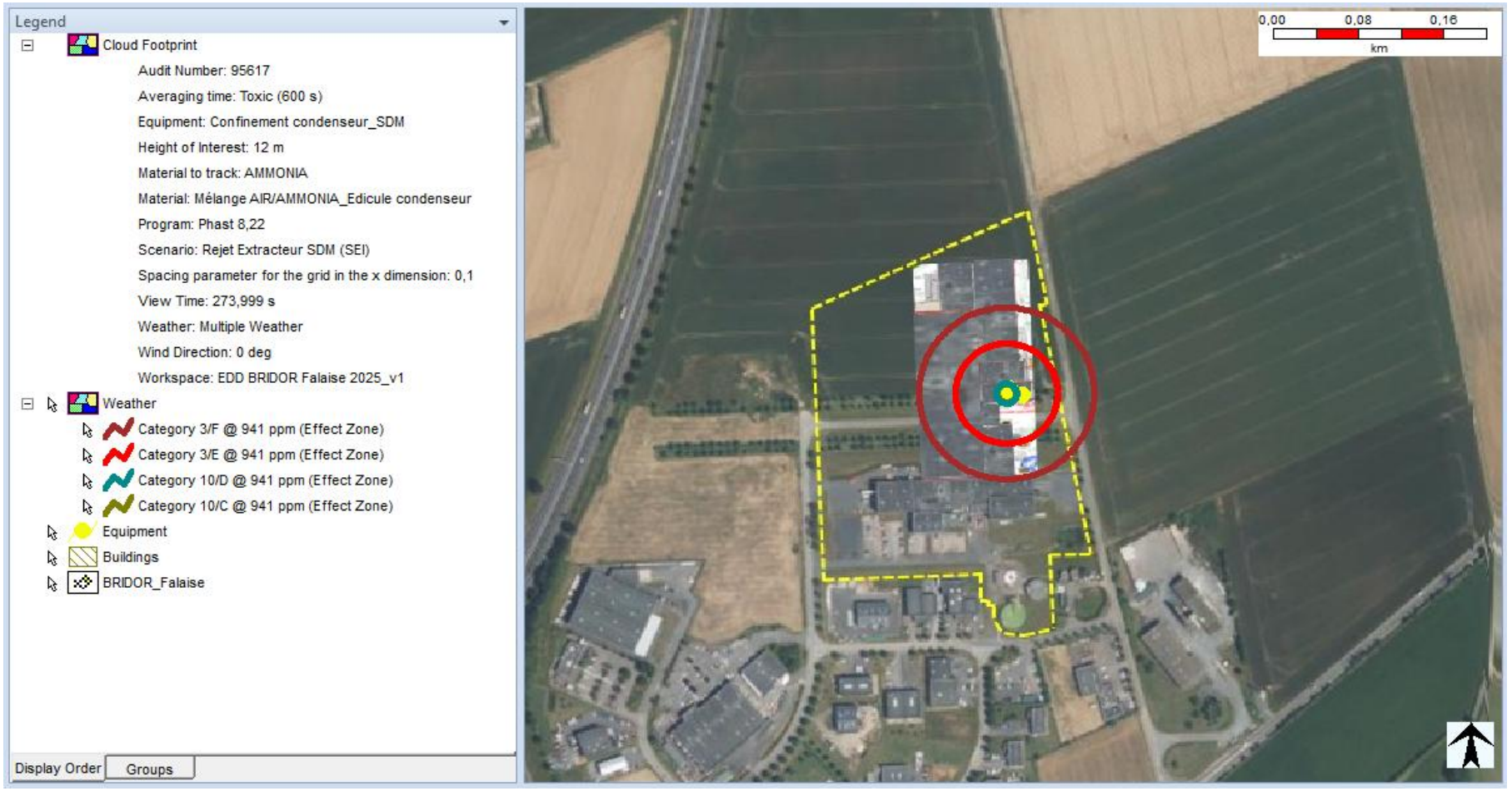
Audit Number	95617
Averaging time	Toxic (600 s)
Equipment	Confinement condenseur_SDM
Spacing parameter for the grid in the x dimension	0,1
Material	Mélange AIR/ AMMONIA_Edicule condenseur
Material to track	AMMONIA
Offset from Centerline	0 m
Program	Phast 8,22
Scenario	Rejet Extracteur SDM (SEI)
View Time	273,999 s
Weather	Multiple Weather
Workspace	EDD BRIDOR Falaise 2025_v1



La hauteur de 15 m correspond à la hauteur du rejet (sortie de conduit). **Avec ce point de rejet à 15 m, on confirme que la hauteur actuelle est conforme et n'engendre pas d'effet indésirable hors des limites de propriété** du site de BRIDOR Falaise à hauteur des enjeux (présence humaine).

« N.B. D'un point de vue toxicologique, il n'est pas pertinent de déterminer de valeur seuil pour un effet donné (létal, irréversible ou réversible) pour des durées d'exposition inférieures à 10 minutes. Ceci s'explique en raison de la physiologie respiratoire et les apnées réflexes mis en jeu en cas d'exposition à des substances irritantes par inhalation. Ainsi, la valeur du seuil de toxicité aiguë pour une exposition d'une minute est purement une donnée mathématique calculée sans réelle valeur toxicologique. Il est donc illusoire de vouloir déterminer des valeurs pour des durées d'exposition inférieures à une minute. »

Vue en coupe du nuage à la hauteur correspondant au maximum du nuage par rapport au relief (en distance) – SEI :



3 - Rejet depuis bouteille BP – SDM (scénario 13)

Données de calculs

L'installation est supposée à l'arrêt. La capacité BP d'ammoniac est considérée à +10°C sous 6,15 bars absolus (Etat à saturation). Il est fait l'hypothèse d'une rupture d'une tuyauterie en partie basse (Sous la capacité). La fuite est en phase liquide, un phénomène de détente est pris en compte dans le calcul de dispersion. L'ammoniac se répand alors dans la rétention sous la capacité à l'intérieur de la SDM.

Volume local technique	5 220	m^3	
k pondérateur si grand volume	0,8		*Pour les grands volumes (ex. dans les combles ou galeries techniques)*
Volume de local technique	4 176	m^3	
Masse NH3 dans le séparateur basse pression	800	kg	*La charge de la capacité (+ le retour utilisateur, tuyauteries, batteries, échangeurs)*
Débit d'extraction	14 000	m^3/h	*La mise en service de l'extracteur de sécurité est asservie au système de détection d'ammoniac*
Masse d'air du local technique	4 971	kg	

Modélisation du terme source (Fuite)

Les caractéristiques du rejet dans le local technique considéré sont les suivantes :

Diamètre nominal (DN)		65	
Diamètre intérieur		65,78	mm
S	Section	0,0033984	m^2
t1	Température saturante	1	°C
P1	Pression saturante interne	446 205	Pa
P_2	Pression saturante extérieure	290 033	Pa
T_2	Température du rejet	-10,07	°C
M'	débit de fuite	6,87	kg/s
	vitesse de rejet	69,86	m/s
T rejet	Temps de vidange	116,50	s
x_{v2}	taux de vaporisation	0,08	
m'	débit de fuite vapeur	1,54	kg/s

*Les valeurs sont données par un premier calcul « **leak** » sur « **pressure vessel** », la charge considérée est la charge maximum contenue dans le plus important récipient. Lors de cette fuite il y a détente du liquide, le rejet dure T rejet à un débit M' (liquide avec fraction de vapeur du fait de la détente). La température finale correspond à la température d'ébullition de l'ammoniac à pression atmosphérique. La fraction formant une nappe liquide au sol « rain-out », par conséquent la masse directement émise en phase gazeuse et évacués par l'extracteur de sécurité est liée à au calcul du taux de vaporisation combinée avec l'évaporation de la nappe .*

Ultérieurement la nappe qui recouvre le sol de la salle des machines s'évapore lentement à un débit de vapeur de 0,080 kg/s.

Débit de fuite impliquant directement la formation du nuage dans les conditions du terme source

Débit de vapeur + aérosol + évaporation de la nappe : $m' = (x_{v,1} + 2.x_{v,2}.(1-x_{v,1})).M'$ **Q** **189** kg

Pour le calcul de l'évaporation de la nappe "rain-out" on utilise le Modèle de MacKay et Matsugu présenté dans le Yellow Book du TNP (7) et basé sur le modèle de Cavanaugh (30); source Rapport d'étude INERIS-DRA-2005-P46055-C51076

Modélisation du scénario final (rejet en extérieur)

La masse d'air dans le local vaut 4 971 kg — En prenant en compte une masse volumique de 1,2 kg/m^3

Dans le local, il est par conséquent fait l'hypothèse que, suite au rejet, un mélange air/ammoniac se crée à l'intérieur du local. La fraction massique d'ammoniac à l'équilibre Y_{NH3} est donnée par : $Y_{NH3} = m_{NH3} / (m_{air} + m_{NH3})$

Y_{NH3}	**0,0365993**

La température finale Tf (en K) du mélange est telle que :
$Tf = [Y_{NH3}\ cp_{,NH3}\ T_{NH3} + (1-Y_{NH3})\ cp_{,air}\ T_{air}] / [Y_{NH3}\ cp_{,NH3} + (1-Y_{NH3})\ cp_{,air}]$

Tf	**16,09** °C

$Cp_{,NH3}$	*Chaleur massique à pression constante de l'ammoniac gazeux (2 000 J/kg.K)*
T_{NH3}	*Température d'ébullition de l'ammoniac (239,6 K)*
T_{air}	*Température de l'air ambient (293 K)*
$Cp_{,air}$	*Chaleur massique à pression constante de l'air (1 004 J/kg.K)*

La masse molaire Mf du mélange est déduite de la relation : $Mf = 1 / [Y_{NH3} / M_{NH3} + (1- Y_{NH3})/M_{air}]$; Ou M_{NH3} désigne la masse molaire de l'ammoniac (0,017 kg/mol) et M_{air} désigne la masse molaire de l'air (0,0288 kg/mol).

Mf	**0,02809** kg/mol

La masse volumique moyenne du mélange à 16,09 °C est donc ρm

ρm	**0,8613** kg/m^3

m_{ext}	Débit d'extraction	3,350	kg/s	Le débit volumique est supposé constant
D	Diamètre du conduit	650	mm	
S	Section du conduit	0,3318	m^2	
w	Vitesse de rejet	11,719	m/s	

A ce rythme le temps d'extraction de l'ammoniac vaporisé durant la phase de rejet est de $(Q / (Y_{NH3} \times m_{ext}))$

Temps d'extraction	**1 540**	secondes

Finalement, le scénario est défini à l'aide du modèle « **user defined** » avec les valeurs imposées sont les suivantes :

m_{ext}	Débit d'extraction	3,350	kg/s
	Temps d'extraction	1 540	secondes
T finale	Température de rejet	16,09	°C
w	Vitesse de rejet	11,719	m/s
	% ammoniac	3%	
	% air	97%	
H	**Altitude du rejet**	**15**	m

S'agissant d'un rejet vertical de gaz en altitude, toutes les conditions atmosphériques précisées dans la circulaire du 10 mai 2010 sont envisagées.

Enfin, sur la base des seuils d'effets de l'ammoniac indiqués dans le document de l'INERIS-DRC-03-47021-ETSC-Sti de août 2003, les concentrations à rechercher sur le temps d'exposition sont les suivantes :

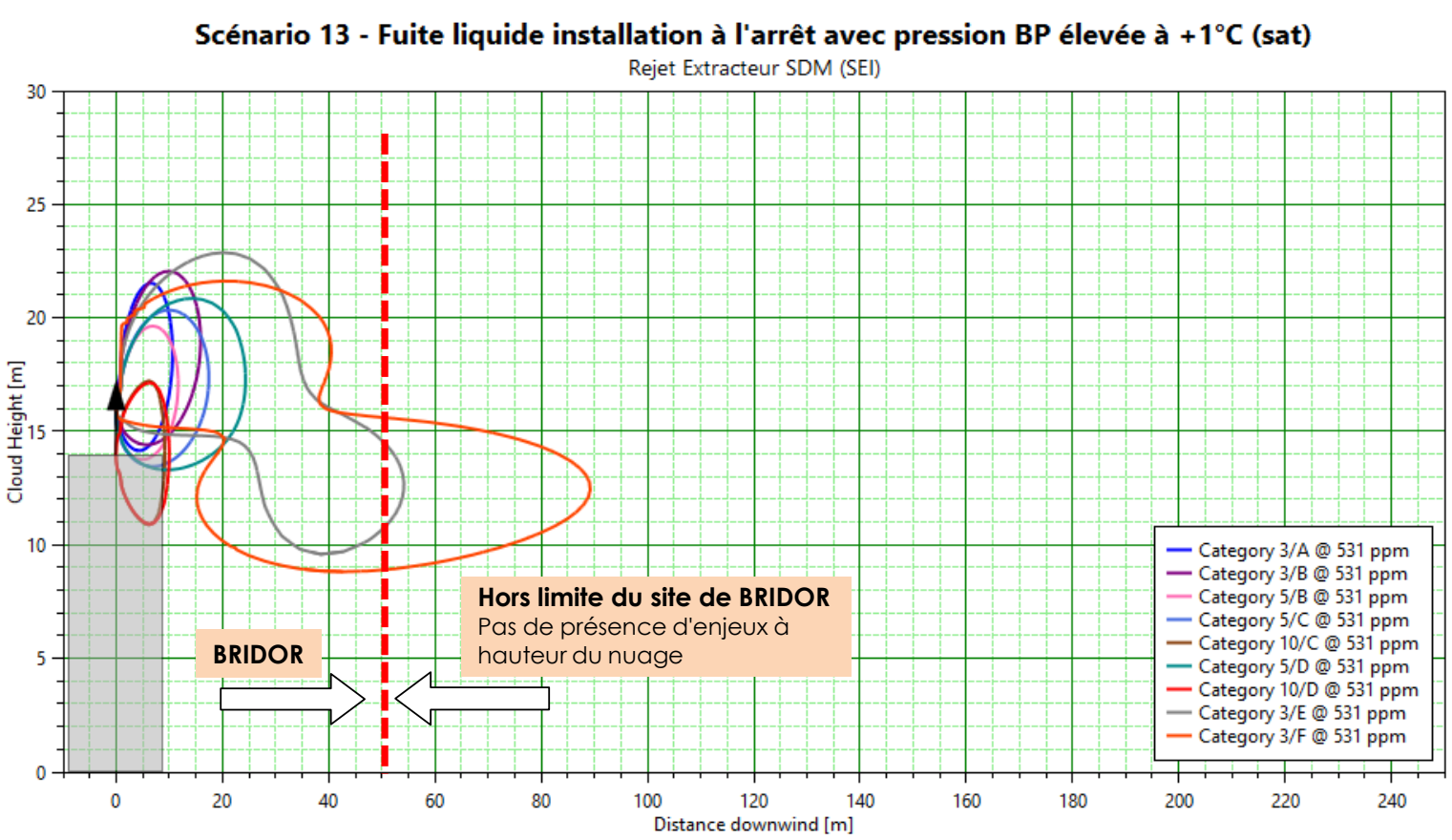
Seuils d'effets irréversibles	**SEI :**	**531**	ppm
Seuils d'effets létaux	**SEL :**	**5 148**	ppm

Résultats de la modélisation du rejet (Dispersion du mélange ammoniaqué)

Le graphique ci-dessous illustre la forme du panache (concentration des effets irréversibles). Les distances d'effets calculées sont en fonctions des différentes conditions de stabilité atmosphérique (Circulaire du 10 mai 2010), avec vannes de sécurité.

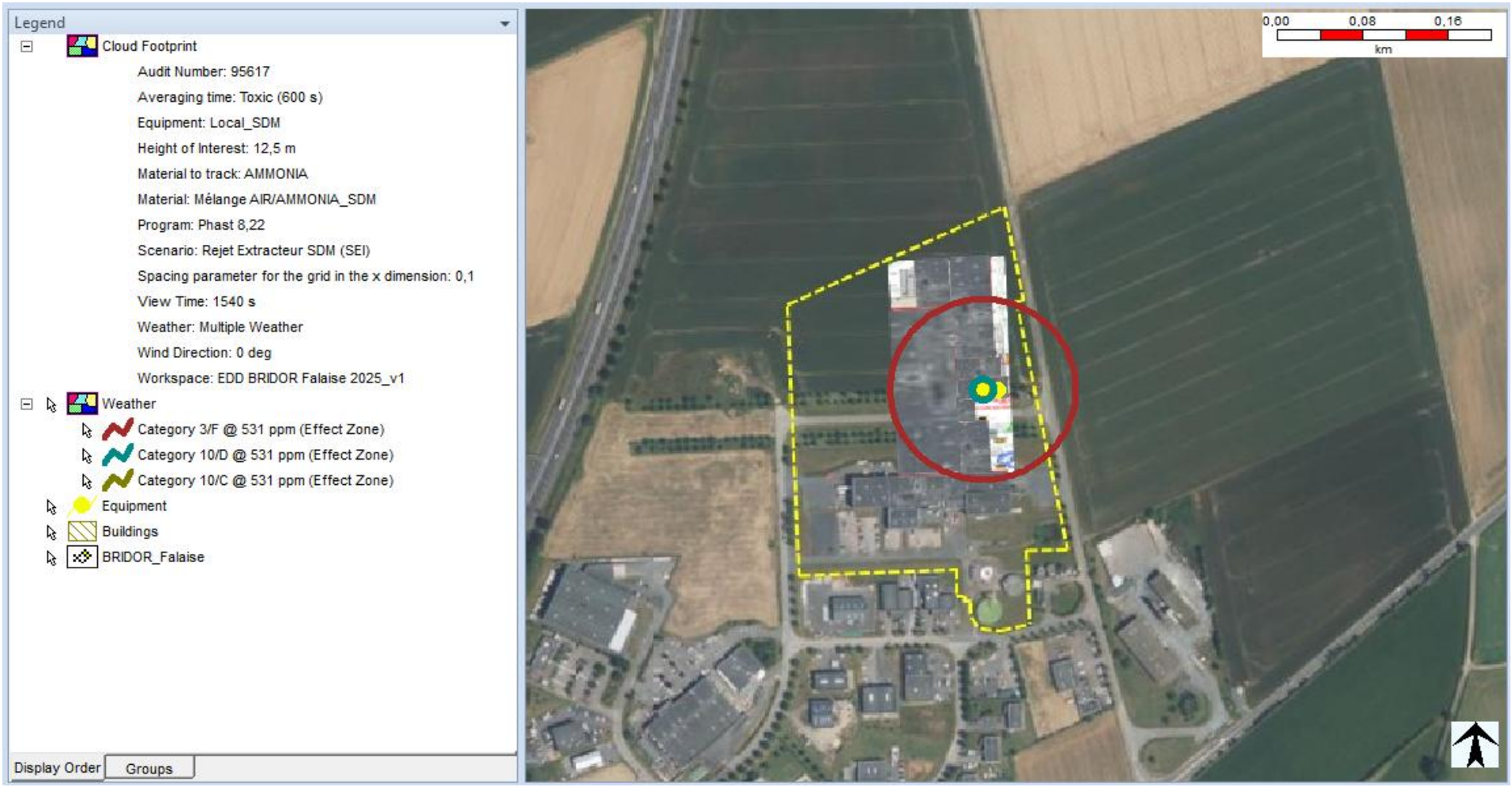
H	**Altitude du rejet**	**15**	m

Audit Number	95617
Averaging time	Toxic (600 s)
Equipment	Local_SDM
Spacing parameter for the grid in the x dimension	0,1
Material	Mélange AIR/ AMMONIA_SDM
Material to track	AMMONIA
Offset from Centerline	0 m
Program	Phast 8,22
Scenario	Rejet Extracteur SDM (SEI)
View Time	1540 s
Weather	Multiple Weather
Workspace	EDD BRIDOR Falaise 2025_v1



La hauteur de 15 m correspond à la hauteur du rejet (sortie de conduit). **Avec ce point de rejet à 15 m, on confirme que la hauteur actuelle est conforme et n'engendre pas d'effet indésirable hors des limites de propriété** du site de BRIDOR Falaise à hauteur des enjeux (présence humaine).

Vue en coupe du nuage à la hauteur correspondant au maximum du nuage par rapport au relief (en distance) – SEI :



4 - Rejet depuis un tube condenseur extérieur (scénario 14)

Données de calculs

L'installation est **supposée en fonctionnement**. Le débit considéré correspond au débit masse HP pour une perte de confinement d'un condenseur + les tuyauteries associées. Le condenseur est considérée à +35°C sous 13,4 bars absolus (Etat à saturation). Il est fait l'hypothèse d'une rupture d'une tuyauterie en phase liquide, un phénomène de détente est pris en compte dans le calcul de dispersion. L'ammoniac se répand alors dans la rétention sous le condenseur.

Modélisation du terme source (Fuite extérieure)

Les caractéristiques du rejet dans le local technique considéré sont les suivantes :

Diamètre nominal (DN)		8	
Diamètre intérieur		11	mm
S	Section	9,50332E-05	m^2
t1	Température saturante	50	°C
P1	Pression saturante interne	2 034 721	Pa
P_2	Pression saturante extérieure	1 322 569	Pa
T_2	Température du rejet	34,20	°C
M'	débit de fuite	0,59	kg/s
	vitesse de rejet	147,18	m/s
T rejet	Temps de vidange	186,78	s
x_{v2}	taux de vaporisation	0,23	
m'	débit de fuite vapeur	0,35	kg/s

*Les valeurs sont données par un premier calcul « **leak** » sur « **pressure vessel** », la charge considérée est la charge maximum contenue dans la batterie du condenseur. Lors de cette fuite il y a détente du liquide, le rejet dure T rejet à un débit M' (liquide avec fraction de vapeur du fait de la détente). La température finale correspond à la température d'ébullition de l'ammoniac à pression atmosphérique. La fraction formant une nappe liquide au sol « rain-out », par conséquent la masse directement émise en phase gazeuse et évacués par l'extracteur de sécurité est liée à au calcul du taux de vaporisation combinée avec l'évaporation de la nappe.*

Ultérieurement la nappe qui recouvre le sol de la salle des machines s'évapore lentement à un débit de vapeur de 0,080 kg/s.

Débit de fuite impliquant directement la formation du nuage dans les conditions du terme source

Débit de vapeur + aérosol + évaporation de la nappe : $m' = (x_{v,1} + 2.x_{v,2}.(1-x_{v,1})).M'$ **Q** **71** kg

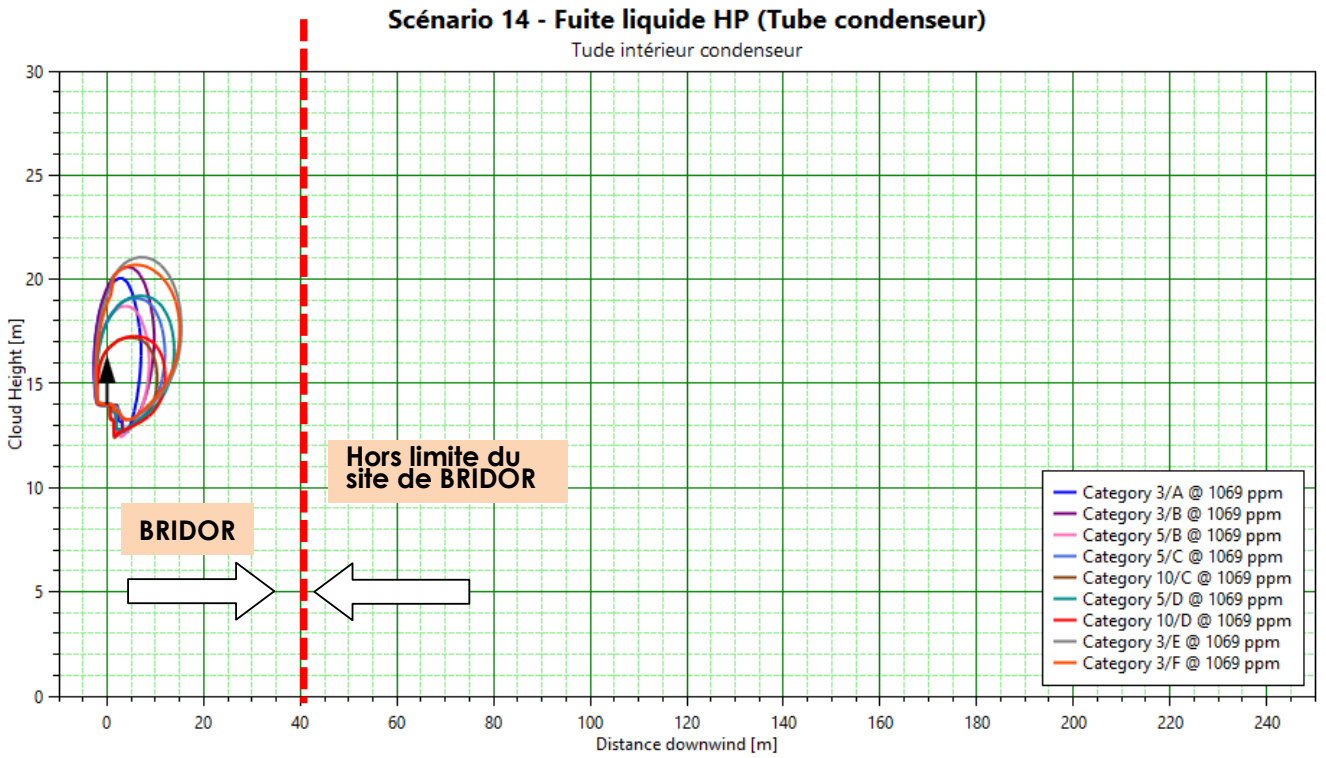
Pour le calcul de l'évaporation de la nappe "rain-out" on utilise le Modèle de MacKay et Matsugu présenté dans le Yellow Book du TNP (7) et basé sur le modèle de Cavanaugh (30); source Rapport d'étude INERIS-DRA-2005-P46055-C51076

Résultats de la modélisation du rejet (Dispersion ammoniac direct)

Le graphique ci-dessous illustre la forme du panache (concentration des effets irréversibles). Les distances d'effets calculées sont en fonctions des différentes conditions de stabilité atmosphérique (Circulaire du 10 mai 2010).

H	**Altitude du rejet**	**14**	m

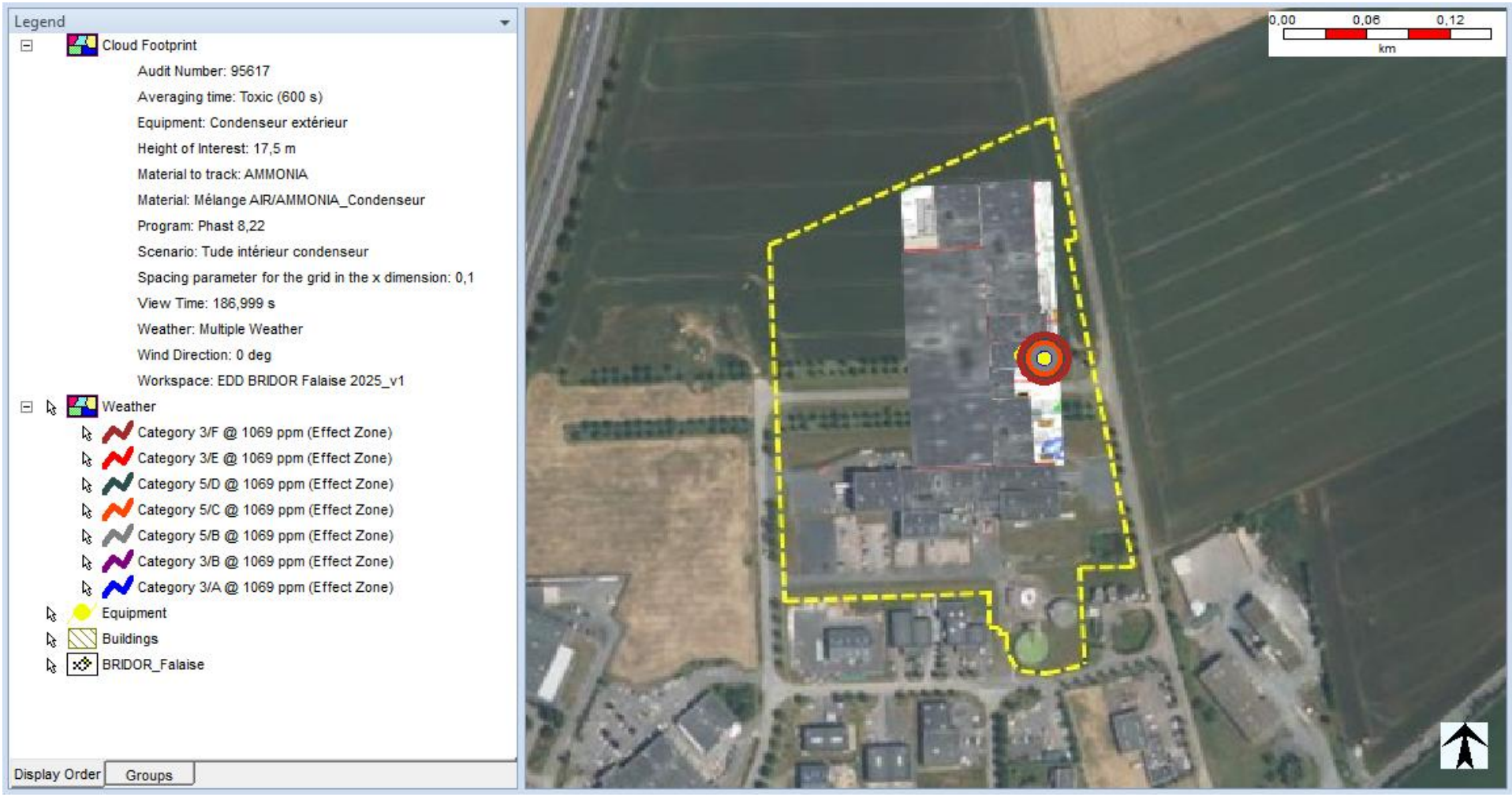
Audit Number	95617
Averaging time	Toxic (600 s)
Equipment	Condenseur extérieur
Spacing parameter for the grid in the x dimension	0,1
Material	Mélange AIR/ AMMONIA_Condenseur
Material to track	AMMONIA
Offset from Centerline	0 m
Program	Phast 8,22
Scenario	Tude intérieur condenseur
View Time	186,999 s
Weather	Multiple Weather
Workspace	EDD BRIDOR Falaise 2025_v1



La hauteur de 14 m correspond à la hauteur du rejet (sortie de tube). **Avec ce point de rejet à 14 m, on confirme que la hauteur actuelle est conforme et n'engendre pas d'effet indésirable hors des limites de propriété** du site de BRIDOR Falaise à hauteur des enjeux (présence humaine).

Complément sur la détermination de la valeur seuil pour un effet donné en fonction du temps d'exposition (suivant le document de l'INERIS DRC-07-82347-07520A) :
« N.B. D'un point de vue toxicologique, il n'est pas pertinent de déterminer de valeur seuil pour un effet donné (létal, irréversible ou réversible) pour des durées d'exposition inférieures à 10 minutes. Ceci s'explique en raison de la physiologie respiratoire et les apnées réflexes mis en jeu en cas d'exposition à des substances irritantes par inhalation. Ainsi, la valeur du seuil de toxicité aiguë pour une exposition d'une minute est purement une donnée mathématique calculée sans réelle valeur toxicologique. Il est donc illusoire de vouloir déterminer des valeurs pour des durées d'exposition inférieures à une minute. »

Vue en coupe du nuage à la hauteur correspondant au maximum du nuage par rapport au relief (en distance) – SEI :



5 - Rejet Soupapes de sécurité – Local SDM (scénario 15)

Données de calculs

L'installation est supposée en fonctionnement. La modélisation suivante est réalisée dans le cas d'un **incendie dans le local technique**. L'ammoniac contenu dans l'installation sera rejeté par les soupapes de sécurité via le collecteur de rejet.

		Equipements soumis au flux thermique de l'incendie						
	Equipement (réservoir)	**Bouteille BP**	**Bouteille BP**	**Bouteille MP**				
	Nombre (réservoir)	**1**	**1**	**1**				
	Niveau de liquide dans le réservoir	**20**	**20**	**20**				
	Echangeur	**Evaporateur**	**Evaporateur**	**Evaporateur**		**Condenseur**	**Condenseur**	
	Nombre d'échangeur	**5**	**2**	**2**		**1**	**1**	
	Caractérisation limiteur de pression							
P_{max}	Pression effective de réglage (PS)	**14**	**14**	**14**	**20,0**	**20,0**	**20,0**	bars
P_o	Pression réelle de décharge à l'atmosphère	16,4	16,4	16,4	23,0	23,0	23,0	bars
		1 640 965	1 640 965	1 640 965	2 300 965	2 300 965	2 300 965	Pa
Tr	Température sat à Pr	41,90	41,90	41,90	54,84	54,84	54,84	°C
h_{vap}	Chaleur latente de vaporisation (à 1,1 x PS)	1 060,3	1 060,3	1 060,3	996,4	996,4	996,4	kJ/kg
A1	Surface externe de (des) équipement à protéger	13,99	25,22	35,43				m^2
A2	Surface externe de (des) équipement à protéger	46,16	13,91	15,49	-	1,53	4,96	m^2
A	Surface externe (A1 + A2)	60,15	39,13	50,92	-	1,53	4,96	m^2
φ	Densité de flux thermique	10	10	10	10	10	10	kW/m^2
M'	Débit de refoulement minimal requis	0,567	0,369	0,480	-	0,015	0,050	kg/s
	Débit de refoulement minimal requis	2 042	1 328	1 729	-	55	179	kg/h
C	Fonction des exposants isentropique du fluide	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641	2,641	
	Diamètre de la soupapes (DN)	20	20	20	15	15	15	
	Diamètre intérieur	21,16	21,16	21,16	15,76	15,76	15,76	mm
	section de passage	0,000351659	0,000351659	0,000351659	0,000195075	0,000195075	0,000195075	m^2
k_{dr}	Coéfficient de décharge réduit de la soupape	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	
k_b	Coéfficient de correction sous-critique (critique = 1)	1	1	1	1	1	1	
Q_m	Débit masse calculé de la soupape	0,798	0,798	0,798	0,623	0,623	0,623	kg/s
	Débit masse calculé de la soupape	2 872	2 872	2 872	2 241	2 241	2 241	kg/h

	Caractérisation de l'échappement							
	Diamètre DN	40	40	40	25	20	20	
	Diamètre intérieur	40,94	40,94	40,94	26,94	21,16	21,16	mm
	section de passage	0,001316393	0,001316393	0,001316393	0,000570013	0,000351659	0,000351659	m^2
ρ2v	masse volumique vapeur	12,80	12,80	12,80	18,07	18,07	18,07	kg/m^3
w	vitesse de rejet (débit nominal soupape)	33,66	21,90	28,50	-	2,41	7,83	m/s
w	vitesse de rejet (débit réel)	26,72						m/s

Modélisation du terme source

	Diamètre nominal (DN)	125	
	Diamètre intérieur	126	mm
	Section	0,012468981	m^2
k	coéfficient de décharge dont la valeur couramment retenue est de	0,611	
ρ2v	masse volumique vapeur	12,80	kg/m^3
w	vitesse de rejet (débit collecteur soupapes)	5,12	m/s
	Temps de vidange	5 752	seconde
t	temps d'extraction	5 752	secondes
		01:35:52	h:min:sec

S'agissant d'un rejet vertical de gaz en altitude, toute les conditions atmosphériques précisées au paragraphe sont envisagées. Enfin, sur la base des seuils d'effets de l'ammoniac indiqués au paragraphe, les concentrations à rechercher sur le temps d'exposition sont les suivantes :

*Les valeurs sont données par un premier calcul « **short pipe avec relief valve de sélectionné** » sur « **pressure Vessel** », la charge considérée est la charge maximum contenue dans le(s) plus important récipient.*

Diamètre d'ouverture est déterminé par l'ensemble des soupapes MP BP par rapport aux données d'information sur la sélection des soupapes.

Quantité d'ammoniac dans l'installation

Q	**4 700**	kg

INERIS DRA71 §8.2** : La durée d'exposition aux nuages toxiques correspond aux durées de persistance des nuages toxiques, qui dépendent du scenario envisagé. **La durée maximale d'exposition retenue est de 1 heure.

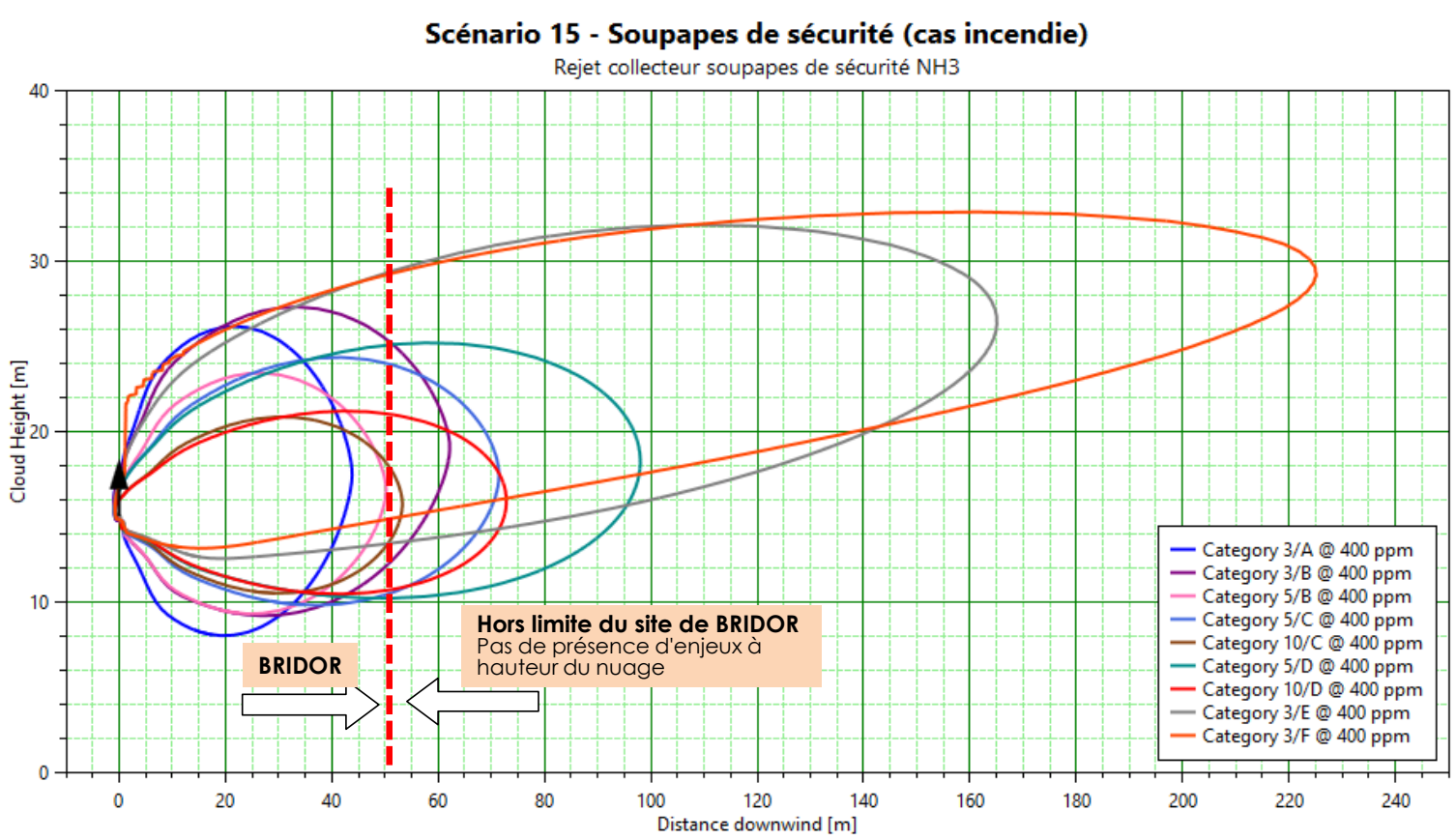
SEI	Seuils Effets Irréversibles	**400**	ppm
SEL	Seuils Effets Létaux	**3 396**	ppm

Résultats de la modélisation du rejet (Dispersion du mélange ammoniaqué)

Le graphique ci-dessous illustre la forme du panache (concentration des effets irréversibles). Les distances d'effets calculées sont en fonctions des différentes conditions de stabilité atmosphérique (Circulaire du 10 mai 2010).

H	**Altitude du rejet**	**15**	m

Audit Number	95617
Averaging time	Toxic (600 s)
Equipment	Soupapes SDM
Spacing parameter for the grid in the x dimension	0,1
Material	AMMONIA
Material to track	AMMONIA
Offset from Centerline	0 m
Program	Phast 8,22
Scenario	Rejet collecteur soupapes de sécurité NH3
View Time	3600 s
Weather	Multiple Weather
Workspace	EDD BRIDOR Falaise 2025_v1



La hauteur de 15 m correspond à la hauteur du rejet (sortie de conduit). **Avec ce point de rejet à 15 m, on confirme que la hauteur actuelle est conforme et n'engendre pas d'effet indésirable hors des limites de propriété** du site de BRIDOR Falaise à hauteur des enjeux (présence humaine).

Vue en coupe du nuage à la hauteur correspondant au maximum du nuage par rapport au relief (en distance) – SEI :

Atlantic Refrigeration Consulting

Annexe 9

Analyse détaillée des risques (ADR) - Arbres d'évènements génériques

Frédéric LE BRONNEC
07/02/2025

Table des matières

1. Eléments de base 2

2. Evaluation des fréquences des évènements initiateurs 4

3. Evaluation des fréquences des évènements redoutés centraux (ERC) 5

4. Résumé des fréquences annuelles de défaillances des équipements 7

5. Arbres relatifs à la dispersion toxique 9

5.1. B – Perte de confinement par relâchement d'NH3 par les soupapes en cas d'incendie 11

5.2. C - Perte de confinement Liquide MP/BP à l'intérieur de la salle des machines. 12

5.3. D - Perte de confinement Liquide HP à l'intérieur d'un local (SDM ou annexe) . 13

5.4. E - Perte de confinement Gaz HP dans la SDM ou l'édicule (zone condensation) 14

Cette annexe présente des arbres d'événements génériques à partir des ERC « fuite d'ammoniac ».

Ces arbres constituent des nœuds-papillons génériques qui doivent être adaptés ensuite à chaque site (équipements présents, localisation à l'intérieur ou à l'extérieur de la salle des machines…).

Les événements directement en amont des ERC ont été représentés ; chaque événement en amont (fuite sur un équipement) est associé à un des arbres des causes présentés en annexe 5. Les équipements identifiés sont ceux potentiellement présents dans une salle des machines. Mais la configuration sur un site donné peut être différente (condenseur en terrasse, évaporateur au niveau des utilisateurs...).

On évaluera le phénomène dangereux à partir du seul événement en amont de l'ERC majorant pour ses effets.

1. Eléments de base

Cette **A**nalyse **D**étaillée des **R**isques (**ADR**) fait suite à l'**A**nalyse **P**réliminaires des **R**isques (**APR**) effectuée précédemment selon la méthode AMDEC qui a été présentée dans l'annexe 5.

L'APR a permis d'aboutir à l'identification générale des risques pouvant exister sur les installations frigorifiques fonctionnant à l'ammoniac. Cette première étape a conduit à l'identification des phénomènes dangereux susceptibles de se produire suite à l'occurrence d'événements non désirés, eux-mêmes résultant de la combinaison de dysfonctionnements, dérives ou agressions extérieures sur le système.

Les résultats obtenus à la suite de la première étape ont conduit à la mise en place d'un certain nombre de barrières de prévention et de protection.

Après la mise en place de ces barrières de prévention et de protection, différents scénarii de fuite ont été envisagés afin de vérifier que les cibles extérieures ne soient pas atteintes. Il apparaît que les zones de danger restent bien à l'intérieur de la limite de propriété.

L'analyse détaillée des risques (**ADR**) qui suit, consistera en un examen approfondi des accidents majeurs potentiels identifiés précédemment lors de l'APR, des scénarii (séquences d'événements) susceptibles d'y conduire et des mesures de maîtrise des risques associées.

Relativement à la réduction des risques, il s'agit à ce stade de s'assurer de la **performance et de l'adéquation des barrières de sécurité** envisagées face aux risques.

Tous les phénomènes dangereux identifiés, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, sont issus d'une perte de confinement des circuits frigorifiques se traduisant par une libération de l'ammoniac dans l'atmosphère. L'ammoniac libéré en grande quantité dans l'atmosphère est une substance toxique pouvant produire des dommages à des cibles vivantes (personnes, animaux ou autres éléments vulnérables) ou matérielles.

Dans sa démarche d'évaluation du risque, l'INERIS propose d'estimer la probabilité à partir de la fréquence d'occurrence des événements initiateurs en prenant en compte le niveau de confiance des barrières de sécurité jugées performantes et adaptées. C'est ce principe qui a été retenu dans ce dossier.

Dans l'approche de chaque ERC, apparaît la probabilité d'occurrence de l'ERC concerné.

Cette perte de confinement pouvant survenir sur l'installation frigorifique correspond donc à l'événement redouté central (E.R.C) défini dans le glossaire établi par l'INERIS .

Désignation	Signification	Définition	Exemles
E.in.	Evènement indésirable	Dérive ou défaillance sortant du cadre des conditions d'exploitation usuelles définies.	Élévation anormale de la température ambiante ou manque d'eau ou panne ventilateur, agression mécanique.
E.C.	Evènement Courant	Événement admis survenant de façon récurrente dans la vie d'une installation.	Encrassement condenseur ou entartrage.
E.I.	Evènement Initiateur	Cause directe d'une perte de confinement ou d'intégrité physique.	Montée en pression.
E.R.C.	Evènement Redouté Central	Perte de confinement sur un équipement dangereux ou perte d'intégrité physique d'une substance dangereuse.	Rupture, brèche d'une canalisation ou casse d'un compresseur.
E.R.S.	Evènement Redouté Secondaire	Conséquence directe de l'événement redouté central, l'événement secondaire caractérise le terme source de l'accident.	Formation d'un nuage d'ammoniac, d'une flaque, projection de pièces.
Ph.D.	Phénomène Dangereux	Phénomène physique pouvant engendrer des dommages majeurs.	Dispersion du nuage d'ammoniac dans le voisinage, explosion dans SDM, blessures corporelles.
E.M.	Effet Majeur	Dommages occasionnés à des personnes, à l'environnement ou à des biens par les effets d'un phénomène dangereux.	Effets létaux ou irréversibles sur la population et synergies d'accident.
Barrières ou Mesures de Prévention		Barrières ou mesures visant à prévenir la perte d'un confinement ou d'intégrité physique.	Peinture anti corrosion, pressostat HP, contrôle débit eau, etc.
Barrières ou Mesures de Protection		Barrières ou mesures visant à limiter les conséquences de la perte de confinement ou d'intégrité physique.	Vannes de sectionnement automatiques, confinement des bâtiments, moyens intervention, etc.

Tableau : 9.1

2. Evaluation des fréquences des évènements initiateurs

Les fréquences des Événements Initiateurs (EI) sont déterminées à partir des bases de données connues et par retour d'expérience.

L'évaluation des fréquences d'occurrence des causes des événements est faite selon une approche semi quantitative selon la grille de fréquence suivante, extraite du rapport DRA 34-opération b et c.

Pour les installations frigorifiques utilisant l'ammoniac (NH3) comme fluide frigorigène nous pouvons les résumer de la façon suivante.

Classe de fréquence	Traduction qualitative	Traduction quantitative
-2	Événement susceptible de se produire ou se produisant **tous les jours ou toutes les semaines**.	Environ **100** fois par an
-1	Événement susceptible de se produire ou se produisant **tous les mois**.	Environ **10** fois par an
0	Événement susceptible de se produire ou se produisant **tous les ans**. S'est déjà produit sur le site ou de nombreuses fois sur d'autres sites.	Environ **1** fois par an
1	Événement **probable** dans la vie d'une installation. Ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site mais a été observé de **façon récurrente sur d'autres sites**.	Environ $\mathbf{10^{-1}}$ fois par an
2	Événement **peu probable** dans la vie d'une installation. Ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site mais **quelques fois sur d'autres sites**.	Environ $\mathbf{10^{-2}}$ fois par an
3	Événement **improbable** dans la vie d'une installation. Ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site mais **très rarement sur d'autres sites**.	Environ $\mathbf{10^{-3}}$ fois par an ou < à $\mathbf{10^{-3}}$ fois par an

Tableau : 9.2

REMARQUE : il est important lorsque l'événement se produit plusieurs fois par an, de lui attribuer une classe inférieure à 0 afin de ne pas sous-estimer ensuite la fréquence d'occurrence des phénomènes dangereux liés à des causes fréquentes.

Les barrières de sécurité (EIPS) remplissant les fonctions de sécurité sont indépendantes des organes de régulation. Elles sont déterminées en fonction de leur **efficacité, de leur temps de réponse et de leur niveau de confiance (NC)**. Voir annexe 7.

Efficacité = Aptitude d'une barrière technique de sécurité à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie, dans un contexte d'utilisation et pendant une durée donnée. Cette aptitude s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie, en considérant un fonctionnement normal. Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la barrière technique de sécurité.

Temps de réponse : Intervalle de temps entre le moment où une barrière de sécurité, dans son contexte d'utilisation, est sollicitée et le moment où la fonction de sécurité assurée par cette barrière de sécurité est réalisée dans son intégralité. Il s'exprime en seconde.

Niveau de confiance (NC) : Adaptation des exigences des normes **NF-EN 61508** et CEI 61511 Etude de l'architecture des systèmes suivant les tableaux donnés dans la norme.	**Proportion de défaillance en sécurité**	**Tolérances aux anomalies matérielles (redondance ou non)**		
		0	**1**	**2**
	< 60%	**NC1 (10^{-1})**	**NC2 (10^{-2})**	**NC3 (10^{-3})**
	60% à < 90%	**NC2 (10^{-2})**	**NC3 (10^{-3})**	**NC4 (10^{-4})**
	90% à < 99%	**NC3 (10^{-3})**	**NC4 (10^{-4})**	**NC4 (10^{-4})**
	> 99%	**NC3 (10^{-3})**	**NC4 (10^{-4})**	**NC4 (10^{-4})**

Tableau : 9.3

3. Evaluation des fréquences des évènements redoutés centraux (ERC)

L'évaluation des fréquences des **E**vénements **R**edoutés **C**entraux est faite selon une approche semi quantitative à partir des classes de fréquence d'occurrence des causes et des **probabilités de défaillance des barrières techniques ou organisationnelles qui interviennent en prévention**.

On peut choisir :

- D'évaluer la probabilité d'occurrence de l'ERC pour **une seule cause**.
- D'évaluer la probabilité d'occurrence de l'ERC en tenant compte de **l'ensemble des causes**. Il y a alors agrégation des scénarios (des causes) pour évaluer la fréquence de l'ERC.

Etant donné le nombre relativement varié de matériel installé sur les installations frigorifiques, nous choisirons de faire une approche de l'évaluation en tenant compte de **l'ensemble des causes**.

Il faut dans un premier temps évaluer les fréquences d'occurrence de l'ERC dues à **chaque cause** de la façon suivante.

Les évaluations résultent des fréquences des causes précédemment évaluées et des probabilités de défaillance des barrières.

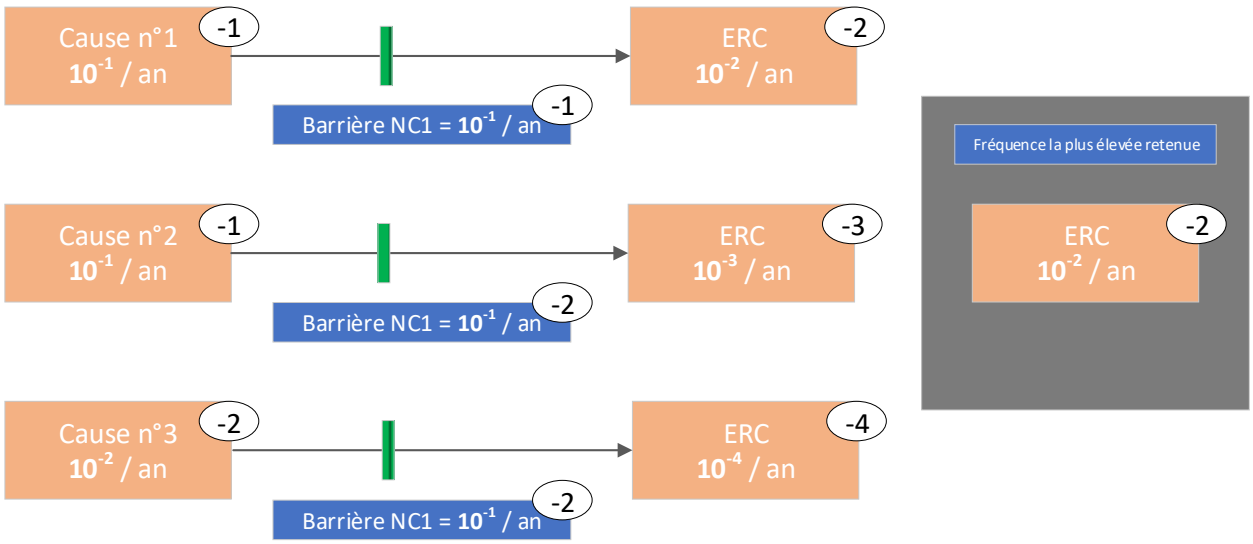
Une méthode d'évaluation, telle que décrite dans le rapport DRA34 – opérations b et c [7] est présentée ci-dessous.

Pour une cause donnée, la fréquence d'occurrence a été estimée à **Fn**, correspondant approximativement à une fréquence d'occurrence de l'ordre de **10^{-n} /an**.

Les barrières en prévention réduisent la probabilité d'occurrence d'avoir un événement redouté central : si le niveau de confiance de la barrière est de x, correspondant approximativement à une probabilité de défaillance à la sollicitation de **10^{-x}**, la fréquence d'occurrence de l'ERC est alors égale à **$10^{-(n+x)}$**, correspondant à une classe de fréquence ne **n + x**.

Si plusieurs barrières indépendantes agissent en prévention, le niveau de confiance global (somme des niveaux de confiance des différentes barrières) sera pris en compte.

Puis on agrège les différentes causes, **en retenant la fréquence la plus élevée** quel que soit le nombre de scénarii.



4. Résumé des fréquences annuelles de défaillances des équipements

Résumé des fréquences annuelles de défaillance des équipements (Issu des différentes littératures reprises par l'INERIS).

Matériel	Qté matériel semblable	Fréquence unitaire	Fréquence globale
Défaillance d'un joint ou vanne	1	0,001	0,001
Défaillance d'un flexible de charge	1	0,01	0,01
Défaillance d'une boucle de régulation	1	0,01	0,01
Défaillance d'un régulateur	1	0,01	0,01
Défaillance d'un capteur de niveau	1	0,01	0,01
Défaillance d'un capteur de débit	1	0,01	0,01
Défaillance d'une électrovanne	1	0,01	0,01
Défaillance relais électrique	1	0,01	0,01
Capteur de pression / Pressostat simple	1	0,01	0,01
Transmetteur de pression	1	0,01	0,01
Ouverture intempestive d'une soupape	1	0,001	0,001
Défaillance d'une vanne de décharge de pression	1	0,01	0,01
Défaillance de fermeture d'une vanne de sécurité	1	0,01	0,01
Capteur de pression / Pressostat homologué	1	0,001	0,001

Tableau : 9.4

Nombre d'heures de fonctionnement annuel **8 800** **Opération, évènement naturel ou incontrôlé**	Nombre d'opération / an	Durée de l'opération en heures	Fréquence unitaire	Fréquence globale
Tremblement de terre pouvant entraîner rupture de tuyaux	1	1	0,000 001	0,000 001
Inondation	1	1	1E-07	1E-07
Chute d'objets volants	1	1	0,000 010	0,000 010
Défaillance d'un réservoir nu non calorifugé	1	1	0,000 001	0,000 001
Rupture guillotine sur tuyauterie diam<49mm, par m/an	1	1	0,000 001	0,000 001
Rupture guillotine sur tuyauterie 149<diam<49mm, par m/an	1	1	5E-07	5E-07
Rupture guillotine sur tuyauterie 299<diam<149mm, par m/an	1	1	2E-07	2E-07
Pour une canalisation calorifugée appliquer un coef de	1	1	10	10
Fuite moyenne sur tuyauterie diam<49mm, par m/an	1	1	0,000 005	0,000 005
Fuite moyenne sur tuyauterie 149<diam<49mm, par m/an	1	1	0,000 001	0,000 001
Fuite moyenne sur tuya. 299<diam<149mm, par m/an	1	1	7E-07	7E-07
Intervention d'un tiers (impact véhicule)	1	1	0,001	0,001
Feu externe de grande ampleur	1	1	0,010	0,010
Erreur opérateur sur manœuvre de vannes	12	1	0,01	1,36E-05
Erreur opérateur sur soutirage d'huile des bouteilles BP	12	1	0,1	0,000 136
Erreur opérateur sur vidange huile compresseur	1	1	0,1	1,14E-05
Erreur opérateur sur appoint huile compresseur	12	2	0,1	0,000 273

Tableau : 9.5

5. Arbres relatifs à la dispersion toxique

Les arbres correspondent aux ERC suivants classés dans un ordre décroissant (du plus important au moins important), repérés sur ces installations de réfrigération pourraient provenir essentiellement de :

- Fuite liquide HP dans la salle des machines ;
- Fuite gaz HP dans la salle des machines ;
- Fuite liquide BP dans la salle des machines ;
- Fuite gaz BP dans la salle des machines.

Les rejets d'ammoniac peuvent s'effectuer en trois zones :

- Extérieur (terrasse ou au sol) ;
- Salle des machines ;
- Utilisateurs et/ou gaines techniques entre la salle des machines et les utilisateurs.

Les mesures de maîtrise des risques possibles sur la dispersion toxique ont été identifiées sur le nœud-papillon (sous forme de fonction de sécurité). Celles-ci se retrouvent dans les tableaux d'APR présentés en annexe 5 :

- Réduction du temps de fuite : détection humaine et/ou détection ammoniac conduisant à l'arrêt de l'installation et/ou à la fermeture de vannes via un système de traitement ;
- Réduction des effets : détection humaine et/ou détection ammoniac conduisant à la mise en route de l'extraction forcée via un système de traitement.

Les arbres présentés correspondent à des pertes de confinement dans la salle des machines.

Les arbres associés à des fuites hors de la salle des machines (en extérieur ou au niveau des utilisateurs et/ou des gaines techniques) seront simplifiés dans la mesure où :

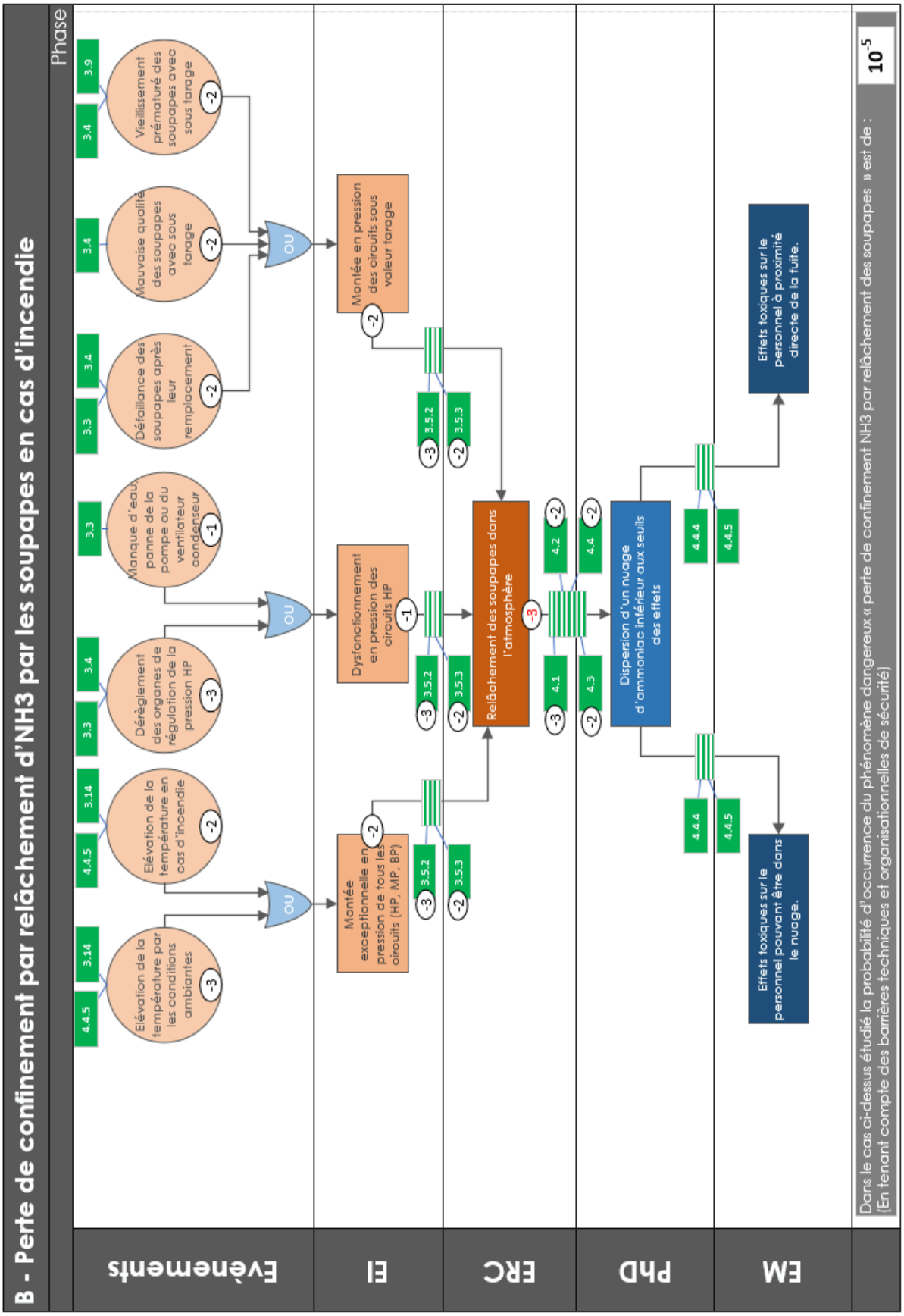
- La MMR « réduction des effets par mise en route de l'extraction » n'existe pas (sauf cas particulier éventuel des fuites en combles techniques ventilés) ;
- Certains équipements indiqués dans les arbres d'événements en salle des machines ne sont pas implantés à l'extérieur (compresseur…).

Rep.	ERC (Installation de réfrigération)	Scénario	Remarques
	Perte de la charge d'ammoniac HP (Liquide ou vapeur) EN EXTERIEUR au niveau des condenseurs évaporatifs (en fonctionnement et minoré à l'arrêt).		Non retenu, car les tuyauteries des condenseurs sont dans l'édicule.
	Perte de la charge d'ammoniac à l'état liquide au niveau du réservoir HP dans local ANNEXE (en fonctionnement et minoré à l'arrêt).		Non retenu, car pas de réservoir HP sur l'installation
	Perte de la charge d'ammoniac à l'état liquide ou vapeur HP à l'intérieur d'un condenseur évaporatif (en fonctionnement et minoré à l'arrêt).		Non retenu, car pas de réservoir HP sur l'installation
B	Perte de la charge d'ammoniac par les soupapes de sécurité des installations, en cas d'incendie.	**15**	
C	Perte de la charge d'ammoniac à l'état liquide au niveau d'une bouteille BP ou MP dans la salle des machines (à l'arrêt et minoré en fonctionnement).	**12 et 13**	
E	Perte de la charge d'ammoniac à l'état liquide HP au niveau des connections d'un condenseur dans l'édicule fermé ou dans la SDM (en fonctionnement et minoré à l'arrêt).	**11**	
E	Perte de la charge d'ammoniac à l'état vapeur HP au niveau des connections d'un condenseur dans l'édicule fermé ou dans la SDM (en fonctionnement et minoré à l'arrêt).	**10**	
	Perte de la charge d'ammoniac à **l'état liquide HP** au niveau du condenseur de la PAC dans la SDM (**en fonctionnement** et minoré à l'arrêt).		Non retenu, car pas de PAC sur l'installation

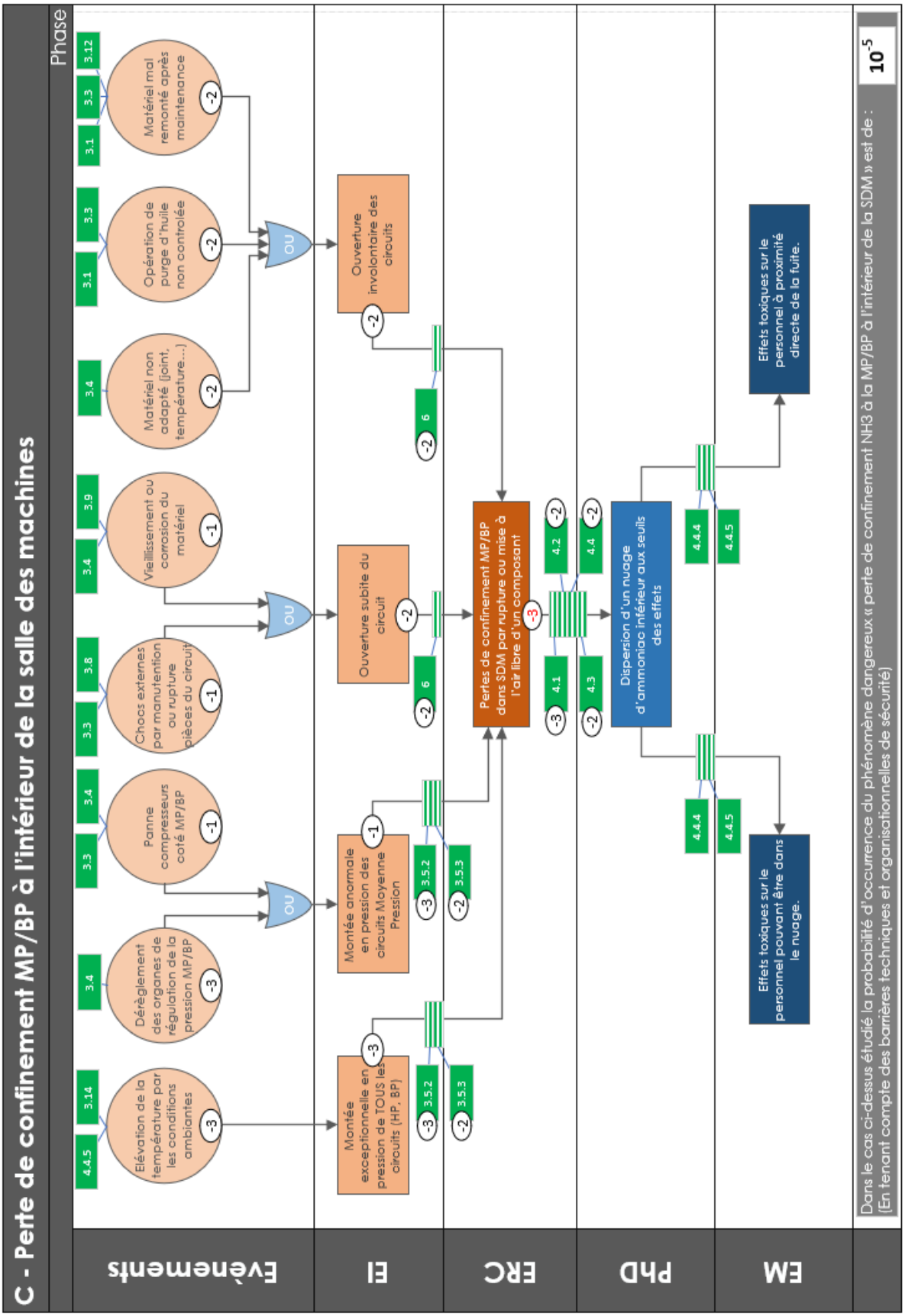
Tableau : 9.6

Rappel *: Scénario XY ; X n° du système (des installations peuvent être constitués de plusieurs systèmes) ; Y correspond au scénarii et ERC ci-dessus.*

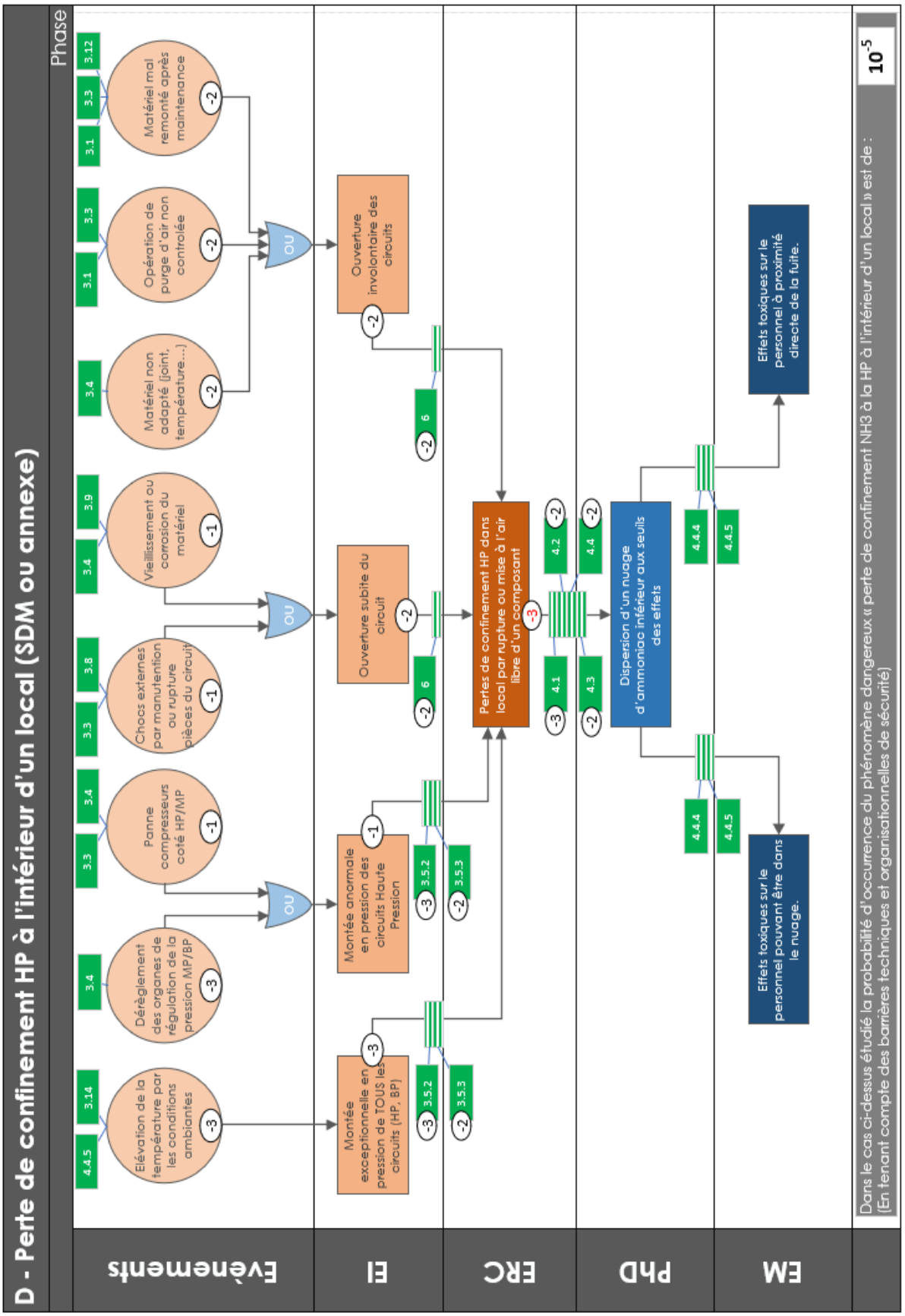
5.1. B – Perte de confinement par relâchement d'NH3 par les soupapes en cas d'incendie



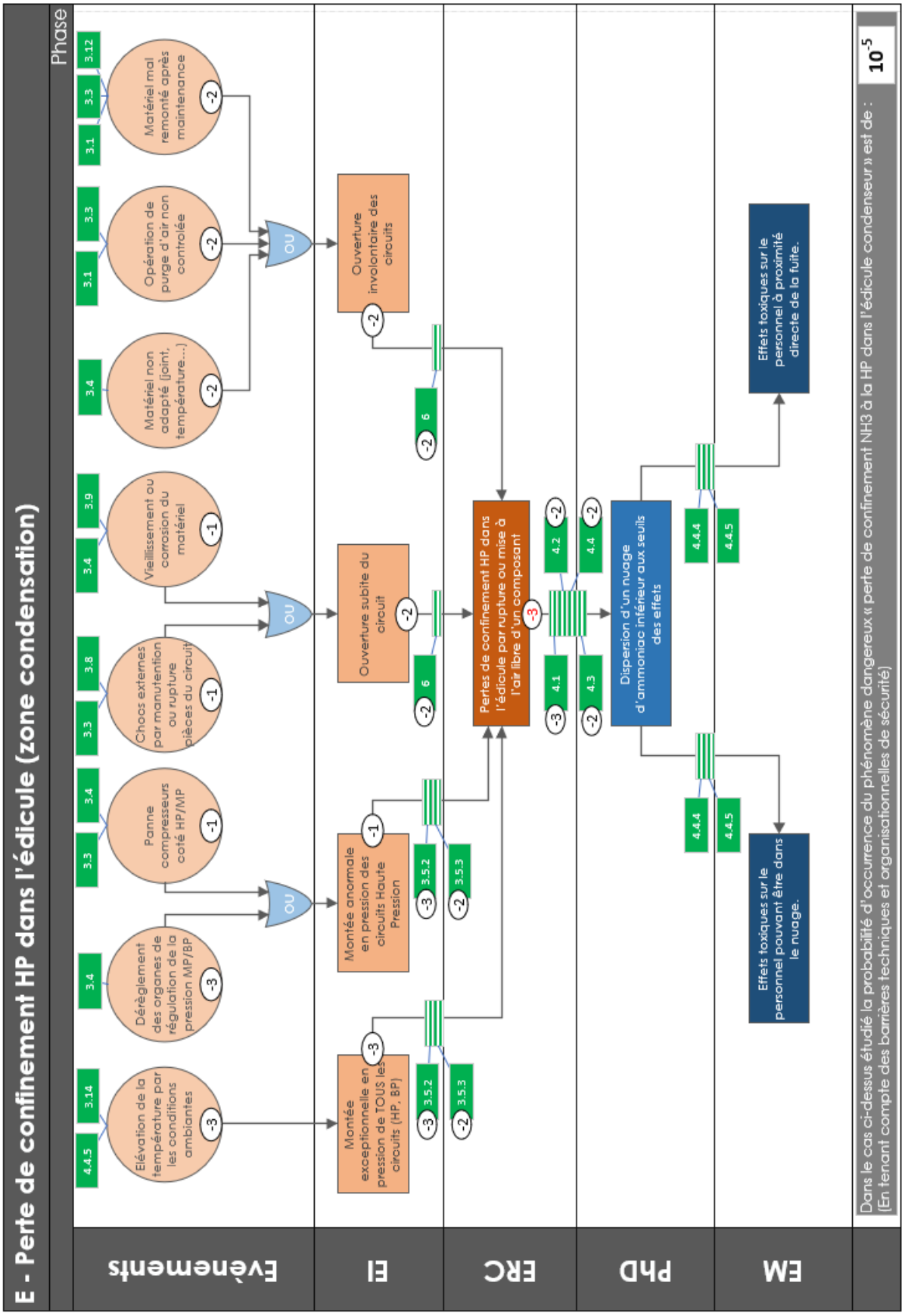
5.2. C - Perte de confinement Liquide MP/BP à l'intérieur de la salle des machines



5.3. D - Perte de confinement Liquide HP à l'intérieur d'un local (SDM ou annexe)



5.4. E - Perte de confinement Gaz HP dans la SDM ou l'édicule (zone condensation)



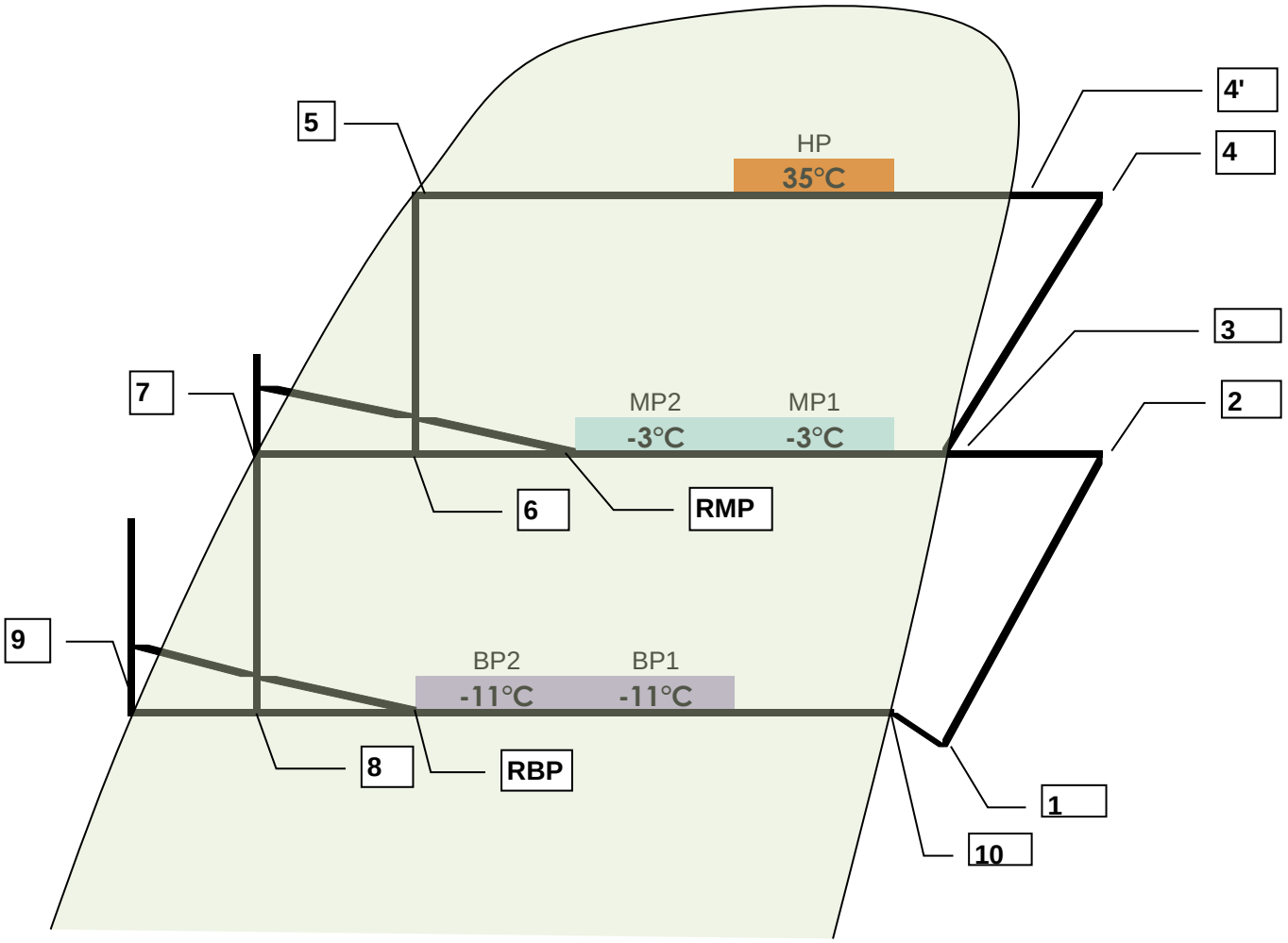
Annexe 10 - Calculs de répartions de charge d'ammoniac et débit masse

Circuit Haute Pression	**35°C**
Circuit Moyenne Pression 1	**-3°C**
Circuit Moyenne Pression 2	**-3°C**
Circuit Basse Pression 1	**-11°C**
Circuit Basse Pression 2	**-11°C**
***Température de bulbe humide**	22°C

**necessaire à la sélection des condenseurs évaporatifs*

Ce document a pour objectif de déterminer les masses d'ammoniac en circulation pour réaliser les calculs de scénarii dans l'annexe 8 (caractérisation de l'intensité)

Diagramme enthalpie-pression h, lg p



DONNEES DE BASE POUR LES CALCULS

Fluide : R717

		C1	C2	
Température d'évaporation BP	θ_o	-11	-11	°C
Température d'évaporation Eco / MP	θ_o	-3	-3	°C
Température de condensation HP	θ_k	35		°C
Surchauffe à l'aspiration BP		1	1	°C
Pertes de charges à l'aspiration BP		1	1	°C
Surchauffe à l'aspiration MP		1	1	°C
Pertes de charges à l'aspiration MP		1	1	°C
Surchauffe au refoulement		50		°C
Sous-refroidissement		1		°C
Taux de recirculation MP	τ	1,2	1,2	
Taux de recirculation BP	τ	5	5	

Puissance	BP	MP	HP
	kW	kW	kW
$Q_{oBPbooster}$	7 341		
Q_{oBPECO}	-		
$\sum Q_{oBP}$	7 341		
Q_{kBP}		9 033	
Q_{oMP1}		3 528	
Q_{oECO}			
Q_{oMP2}		-	
Q_k			4 270
Q_{HR}			1 695

Débit masse	BP	MP	HP
	kg/s	kg/s	kg/s
	5,82		
	-		
	5,82		
		8,28	
		3,23	
		-	
		-	
			11,51
			11,51
Recirculation 1	28,28	3,34	
Recirculation 2	0,00	0,00	

POINTS DU CYCLE		1	2	3	4	4'	5	6	7	8	9	10	
ETAT		VSC	VSC	VS	VSC		LSR	L + V	LS	L + V	LS	VS	
DONNEES THERMODYNAMIQUES													
Température	θ	-10	22	-2	85		34	-3	-3	-11	-11	-11	°C
Pression	P	2,68	3,84	3,69	13,53	13,53	13,53	3,84	3,84	2,79	2,79	2,79	Bars absolu
Enthalpie	h	1447	1514	1453	1623	1476	362	362	186	186	148	1446	kJ/kg
Masse volumique	ρ	2,21	2,80	3,00	8,34		590,50	20,91	644,00	71,13	654,57	2,31	kg/m3
Volume massique	v	0,452	0,357	0,333	0,120		0,002	0,048	0,002	0,014	0,0015	0,433	m3/kg
Titre	x							0,14		0,03			
DONNEES THERMOCINETIQUES													
Chaleur spécifique	c						4,819		4,584		4,554		kJ/kg.K
conductivité thermique	λ						0,458		0,546		0,564		W/m.K
viscosité dynamique	μ	0,00999	0,01031	0,01027	0,01178		0,12859		0,19610		0,21430	0,01002	mPA.s
viscosité cinématique	υ	4,512	3,682	3,426	1,412		0,218		0,304		0,327	4,334	mm²/s

POINTS DU CYCLE		1	2	3	4	4'	5	6	7	8	9	10	
ETAT		VSC	VSC	VS	VSC		LSR	L + V	LS	L + V	LS	VS	
DONNEES THERMODYNAMIQUES													
Température	θ	-10	22	-2	85		34	-3	-3	-11	-11	-11	°C
Pression	P	2,68	3,84	3,69	13,53	13,53	13,53	3,84	3,84	2,79	2,79	2,79	Bars absolu
Enthalpie	h	1447	1514	1453	1623	362	362	362	186	186	148	1446	kJ/kg
Masse volumique	ρ	2,21	2,80	3,00	8,34		590,50	20,91	644,00	71,13	654,57	2,31	kg/m3
Volume massique	v	0,452	0,357	0,333	0,120		0,002	0,048	0,002	0,014	0,0015	0,433	m3/kg
Titre	x							0,14		0,03			
DONNEES THERMOCINETIQUES													
Chaleur spécifique	c						4,819		4,584		4,554		kJ/kg.K
conductivité thermique	λ						0,458		0,546		0,564		W/m.K
viscosité dynamique	μ	0,00999	0,01031	0,01027	0,01178		0,12859		0,19610		0,21430	0,01002	mPA.s
viscosité cinématique	υ	4,512	3,682	3,426	1,412		0,218		0,304		0,327	4,334	mm²/s

Compresseur MP1	-3	Qo	Qa	Qk	m_{BP}	m_{ECO}	m_{HP}		
		kW	kW	kW	kg/s	kg/s	kg/s	m^3/h	
CP05 - GEA Grasso - V 1800HS		-	-	-	0,000		0,000	-	mot 480 kW - 1 500 tr/min
CP06 - GEA - SP1 VB-1A		1 764	371	2 135	1,617		1,617	1 941	mot 500 kW - 3 600 tr/min
CP07 - GEA - SP1 VB-1A		1 764	371	2 135	1,617		1,617	1 941	mot 500 kW - 3 600 tr/min
x - x - x		-	-	-	0,000		0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000		0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000		0,000	-	Libre
		3 528	**742**	**4 270**	**3,234**		**3,234**	**3 883**	

Compresseur MP2	-3	Qo	Qa	Qk	m_{BP}	m_{ECO}	m_{HP}		
		kW	kW	kW	kg/s	kg/s	kg/s	m^3/h	
x - x - x		-	-	-	0,000		0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000		0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000		0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000		0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000		0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000		0,000	-	Libre
		-	-	-	-		-	-	

Compresseur BP avec Economiseur	-11								
x - x - x		-	-	-	0,000	0,000	0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000	0,000	0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000	0,000	0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000	0,000	0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000	0,000	0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000	0,000	0,000	-	Libre
		-	-	-	-	-	-	-	

Compresseur BP Booster	-11								
CP01 - GEA - SP1 ZB-1A		2 447	564	3 011	1,940		1,940	3 156	mot 710 kW - 3 600 tr/min
CP02 - GEA - SP1 ZB-1A		2 447	564	3 011	1,940		1,940	3 156	mot 710 kW - 3 600 tr/min
CP03 - GEA - SP1 ZB-1A		2 447	564	3 011	1,940		1,940	3 156	mot 710 kW - 3 600 tr/min
CP04 - GEA Grasso - V 1800HS		-	-	-	0,000		0,000	-	mot 480 kW - 1 500 tr/min
x - x - x		-	-	-	0,000		0,000	-	Libre
x - x - x		-	-	-	0,000		0,000	-	Libre
		7 341	**1 692**	**9 033**	**5,821**		**5,821**	**9 468**	

Répartition de charge d'ammoniac

Désignation			Ø ext. mm	L m	H liq. mm	Volume litres	Taux	Quantité calculée kg	Quantité imposée kg	Quantité kg
Circuit à la Haute pression										**1 582**
Réseau de tuyauterie HP										462
Séparateur d'huile										47
Condenseur adiabatique n°1	JACIR	ONYX H11 E09 D3 13/30 GG 4 III				1 352	15%	119,8	175,0	175
Condenseur adiabatique n°2	JACIR	ONYX H11 E09 D3 13/30 GG 4 III				1 352	15%	119,8	175,0	175
Condenseur adiabatique n°3	JACIR	ONYX H11 E09 D3 13/30 GG 4 III				1 352	15%	119,8	175,0	175
Condenseur adiabatique n°4	JACIR	ONYX H11 E09 D3 13/30 GG 4 III				1 352	15%	119,8	175,0	175
Condenseur adiabatique n°5	JACIR	ONYX H11 E09 D3 13/30 GG 4 III				1 352	15%	119,8	175,0	175
Condenseur adiabatique n°6	JACIR	ONYX H11 E09 D3 13/30 GG 4 III				1 352	15%	119,8	175,0	175
Condenseur à plaques n°1	ALFA LAVAL	T10-EWFTc				20	20%	2,3		2
Condenseur à plaques n°2	ALFA LAVAL	MK15-BWFDR				138	20%	16,3		16
Désurchauffeur à plaques n°1	ALFA LAVAL	T20-BWFS	*100% vapeur*			282	100%	2,4		2
Désurchauffeur à plaques n°2	ALFA LAVAL	T20-BWFS	*100% vapeur*			282	100%	2,4		2
										-
										-
Réservoir de liquide	Pas de réservoir HP									-
Divers (accessoires HP)							5%			
Circuit à la Moyenne pression										**661**
Réseau de tuyauterie MP										212
Séparateur de liquide MP01	Horizontal		1 700	5 100	20					145
Séparateur de liquide MP	Pas de séparateur									-
Bouteillon d'huile MP1	Pas de bouteillon									-
Bouteillon d'huile MP2	Pas de bouteillon									-
Circuit MP										
Echangeur à plaques flood n°1 (1 900 kW)	ALFA LAVAL	TK20-BWFD				294	80%	151,7		151,7
Echangeur à plaques flood n°2 (1 900 kW)	ALFA LAVAL	TK20-BWFD				294	80%	151,7		151,7
										-
Divers (accessoires MP)							5%			
Circuit à la basse pression										**2 457**
Réseau de tuyauterie BP										309
Séparateur de liquide BP01	Horizontal		1 500	4 000	20					160
Séparateur de liquide BP02	Vertical		1 200	2 400	20					190
Séparateur de liquide BP03										190
Séparateur de liquide BP04										190
Séparateur de liquide BP05										190
Séparateur de liquide BP06										190
Bouteillon d'huile BP1	Horizontal		400	1 500						134
Bouteillon d'huile BP2	Pas de bouteillon									-
Circuit BP01										
Echangeur à plaques flood n°1 (1 200 kW)	ALFA LAVAL	TK20-BWFD				252	80%	132,2		132,2
Echangeur à plaques flood n°2 (1 200 kW)	ALFA LAVAL	TK20-BWFD				252	80%	132,2		132,2
Cirduit BP02 à 06 (Cascade NH3/CO2) 1020 kW unitaire										
Echangeur à plaques NH3/CO2 flood n°1	ALFA LAVAL	TK20-BWFX				287	60%	112,9		112,9
Echangeur à plaques NH3/CO2 flood n°2	ALFA LAVAL	TK20-BWFX				287	60%	112,9		112,9
Echangeur à plaques NH3/CO2 flood n°3	ALFA LAVAL	TK20-BWFX				287	60%	112,9		112,9
Echangeur à plaques NH3/CO2 flood n°4	ALFA LAVAL	TK20-BWFX				287	60%	112,9		112,9
Echangeur à plaques NH3/CO2 flood n°5	ALFA LAVAL	TK20-BWFX				287	60%	112,9		112,9
Echangeur mutitubulaires (dégivrage)	HA&PGmbH	BXM 355				236	50%	77,2		77,2
Divers (accessoires BP)							5%			
Total										**4 700**

COMPRESSEURS BP BOOSTER -11°C

	Marque	Ref.	Installé Qo - frigo		Qa-Absorb	Q-Ref. Huile		Utilisation Qo - frigo		Qa-Absorb	Q-Ref. Huile	Qk - Réjection Booster	
			fg/h	*kW*	*kW*	*kW*		*fg/h*	*kW*	*kW*	*kW*	*kW*	
CP01	GEA	SP1 ZB-1A	2 104 420	2 447	564	235	100%	2 104 420	2 447	564	235	3 011	mot 710 kW - 3 600 tr/min
CP02	GEA	SP1 ZB-1A	2 104 420	2 447	564	235	100%	2 104 420	2 447	564	235	3 011	mot 710 kW - 3 600 tr/min
CP03	GEA	SP1 ZB-1A	2 104 420	2 447	564	235	100%	2 104 420	2 447	564	235	3 011	mot 710 kW - 3 600 tr/min
CP04	GEA Grasso	V 1800HS	1 047 738	1 218	282	-	0%	-	-	-	-	-	mot 480 kW - 1 500 tr/min
x	x	x	-	-	-	-	0%	-	-	-	-	-	Libre
x	x	x	-	-	-	-	0%	-	-	-	-	-	Libre
	Total		7 360 998	8 559	1 974			**6 313 260**	**7 341**	**1 692**	**706**	**9 033**	

COMPRESSEURS MP -3°C

	Marque	Ref.	Installé Qo - frigo		Qa-Absorbé	Q-Ref. Huile		Utilisation **Qo - frigo**		Qa-Absorb	Q-Ref. Huile	**Qk - Réjection**	
			fg/h	kW	kW	kW		*fg/h*	*kW*	kW	kW	kW	
CP05	GEA Grasso	V 1800HS	1 319 498	1 534	313	-	0%	-	-	-	-	-	mot 480 kW - 1 500 tr/min
CP06	GEA	SP1 VB-1A	1 517 040	1 764	371	114	100%	1 517 040	1 764	371	114	2 135	mot 500 kW - 3 600 tr/min
CP07	GEA	SP1 VB-1A	1 517 040	1 764	371	114	100%	1 517 040	1 764	371	114	2 135	mot 500 kW - 3 600 tr/min
x	x	x	-	-	-	-	0%	-	-	-	-	-	Libre
x	x	x	-	-	-	-	0%	-	-	-	-	-	Libre
x	x	x	-	-	-	-	0%	-	-	-	-	-	Libre
	Total		4 353 578	5 062	1 055			**3 034 080**	**3 528**	**742**	**227**	**4 270**	

CONDENSEUR HP

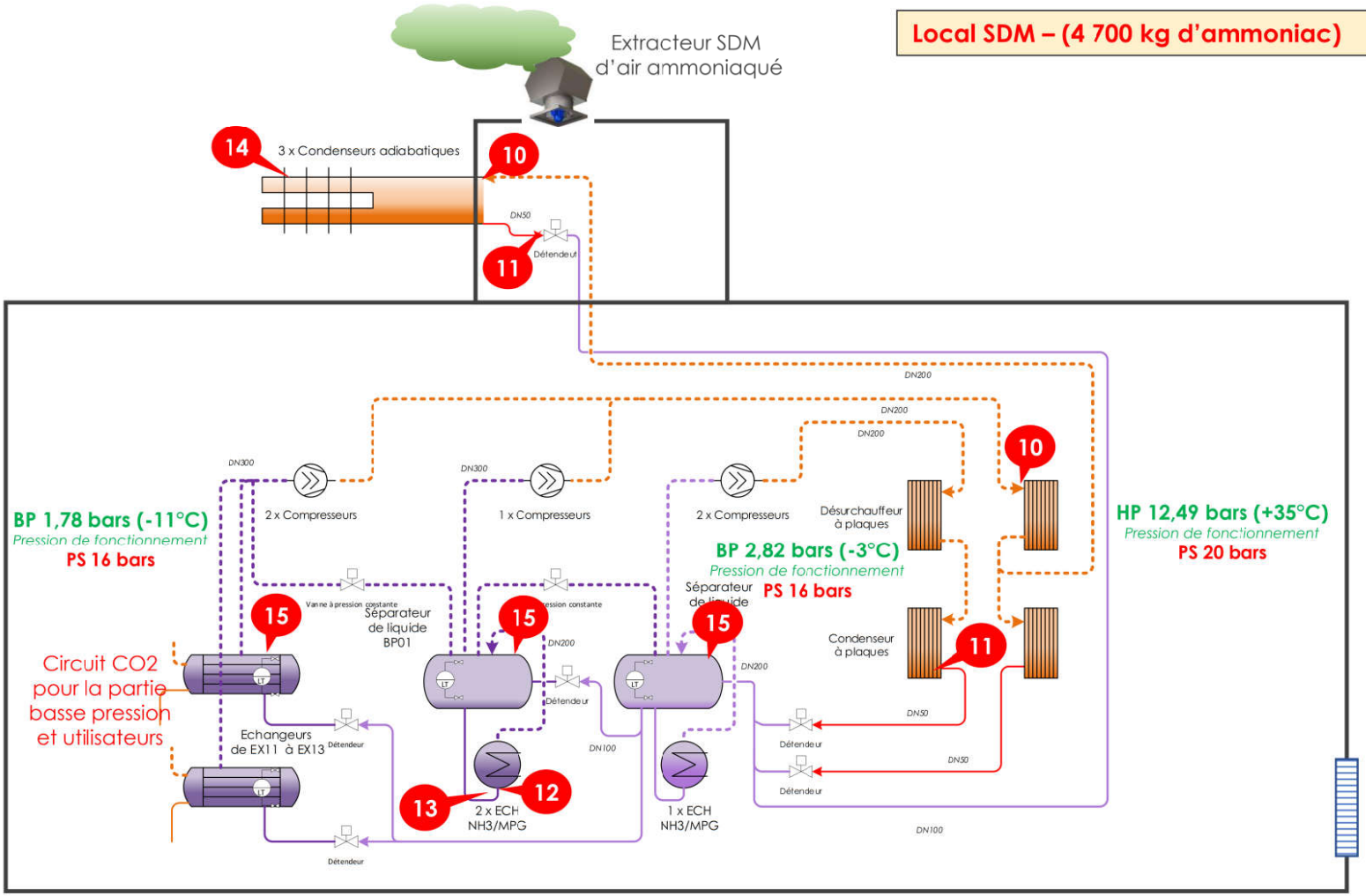
35°C Bulbe humide **22°C**

	Marque	Ref.	Installé Qk - Réjection		Q-Ref. Huile		Efficacité **Qk - Réjection**		Q-Ref. Huile	Qk - Réjection	
			kcal/h	kW			*kcal/h*	*kW*		kW	
CD01	JACIR	ONYX H11 E09 D3 13/30 GG 4 II	1 973 700	2 295	-	100%	1 973 700	2 295	-	2 295	Condenseur adiabatique n°1
CD02	JACIR	ONYX H11 E09 D3 13/30 GG 4 II	1 973 700	2 295	-	100%	1 973 700	2 295	-	2 295	Condenseur adiabatique n°2
CD03	JACIR	ONYX H11 E09 D3 13/30 GG 4 II	1 973 700	2 295	-	100%	1 973 700	2 295	-	2 295	Condenseur adiabatique n°3
CD04	JACIR	ONYX H11 E09 D3 13/30 GG 4 II	1 973 700	2 295	-	100%	1 973 700	2 295	-	2 295	Condenseur adiabatique n°4
CD05	JACIR	ONYX H11 E09 D3 13/30 GG 4 II	1 973 700	2 295	-	100%	1 973 700	2 295	-	2 295	Condenseur adiabatique n°5
CD06	JACIR	ONYX H11 E09 D3 13/30 GG 4 II	1 973 700	2 295	-	100%	1 973 700	2 295	-	2 295	Condenseur adiabatique n°6
CD07	ALFA LAVAL	T10-EWFTc	666 500	775	-	100%	666 500	775	-	775	Condenseur à plaques n°1
CD08	ALFA LAVAL	MK15-BWFDR	2 371 020	2 757	-	100%	2 371 020	2 757	-	2 757	Condenseur à plaques n°2
DS01	ALFA LAVAL	T20-BWFS	705 200	820	-	100%	705 200	820	-	820	Désurchauffeur à plaques n°1
DS02	ALFA LAVAL	T20-BWFS	705 200	820	-	100%	705 200	820	-	820	Désurchauffeur à plaques n°2
	Total		16 290 120	18 942	-		**16 290 120**	**18 942**	**-**	**18 942**	

Annexe 11 – Schéma frigorifique de principe – BRIDOR Falaise (14).

1. Schéma de principe Système NH3 - SDM 2

1 – Schéma de principe – Système NH3 (SDM)



Classement en fonction du référentiel guide retour d'expérience SEI/BARPI 039 de février 1995 :

- **A3** : Climatisation zone de production agroalimentaire, utilisation de saumure
- **T3** : Haute température (> -20 à +5°C)
- **D2** : Distribution par gravité (thermosiphon)
- **C1** : Condenseur à air

Scénarii retenus :

- **Scénarii 10 (Gaz HP)**
- **Scénarii 11 (Liquide HP)**
- **Scénarii 12 (Liquide BP en fonctionnement)**
- **Scénarii 13 (Liquide BP à l'arrêt, avec remontée en pression)**
- **Scénario 14 (Liquide HP tube interne condenseur)**
- **Scénario 15 (Soupapes de sécurité)**

DEL (Z1) (au sol) = NA

DEI (Z2) (au sol) = NA

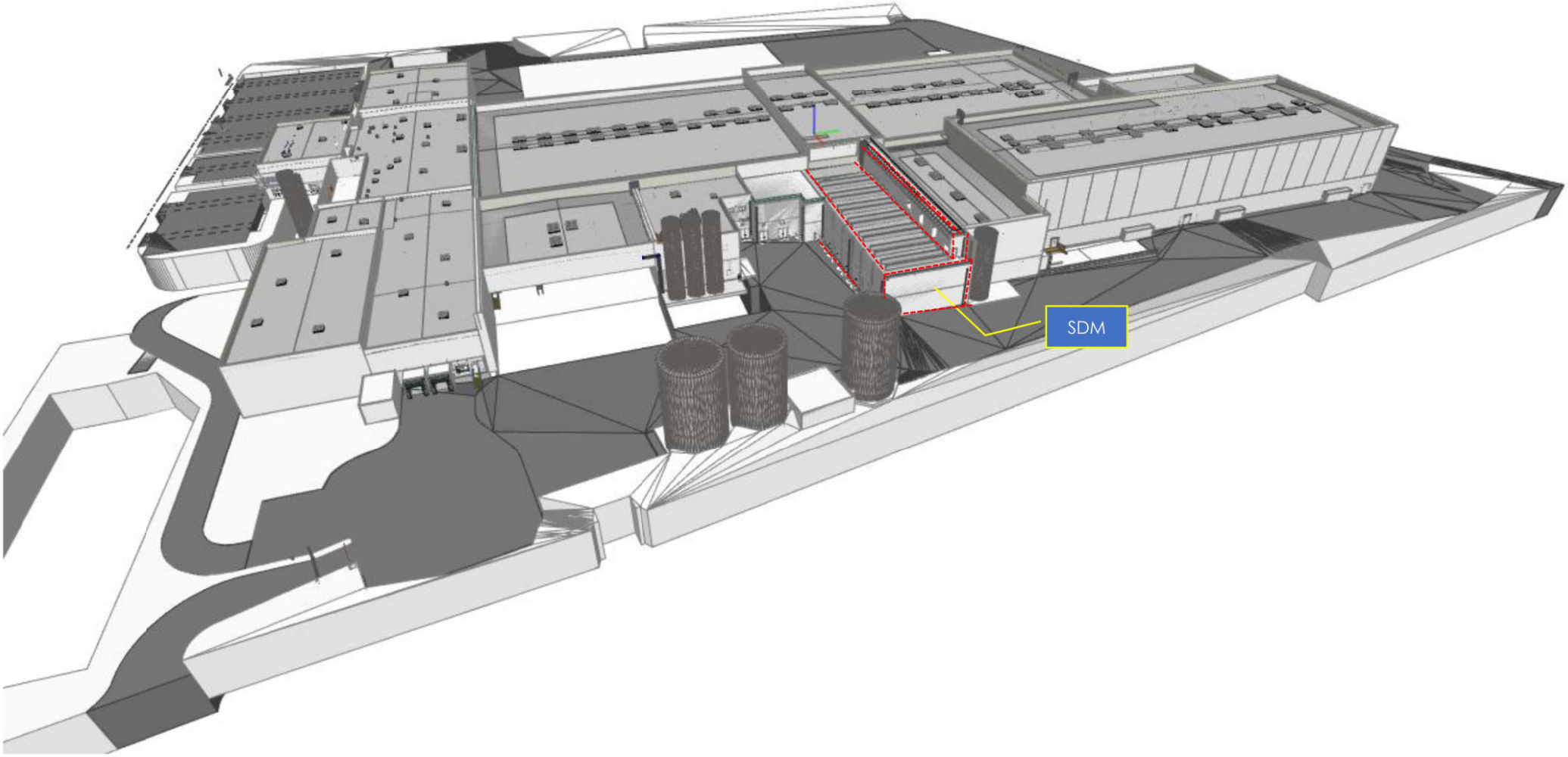
NA = La valeur «NA» (Non atteint), en distance horizontale signifie que les doses des Effets Létaux (SEL) ou des Effets Irréversibles (SEI) ne sont pas perçues au sol.

- NH3 Vapeur HP (Haute pression)
- NH3 Liquide HP (Haute pression)
- NH3 Vapeur MP20 (Moyenne pression)
- NH3 Liquide MP20 (Moyenne pression)
- NH3 Vapeur MP10 (Moyenne pression)
- NH3 Liquide MP10 (Moyenne pression)

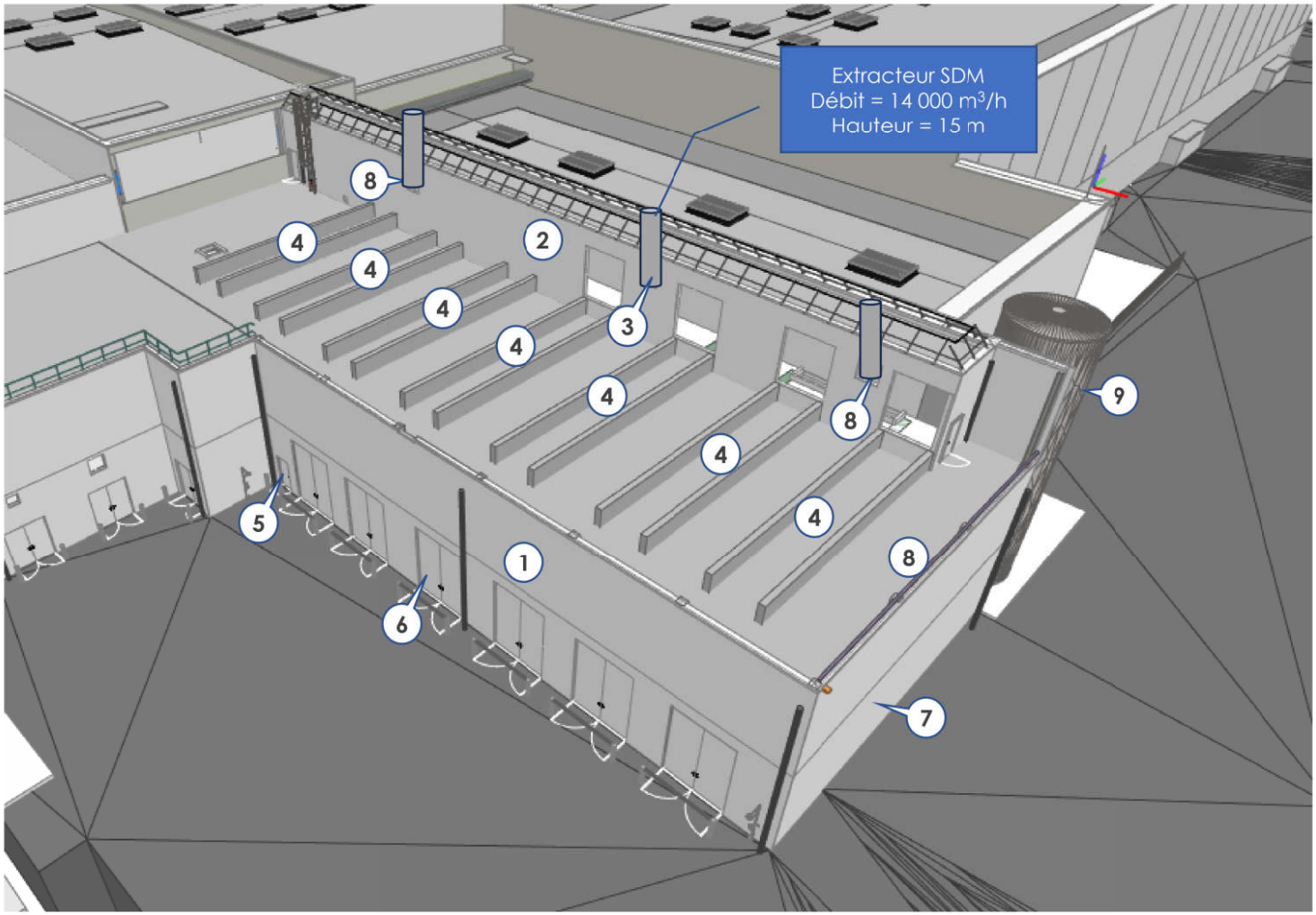
Annexe 12 – Principe de ventilation – BRIDOR Falaise (14).

1. Vue d'ensemble 2
2. Localisation SDM 3
3. Principe SDM 4

1 – Vue d’ensemble



2 – Localisation SDM (installation à l'ammoniac)



Chaque zone contenant de l'ammoniac devra être munie d'un panneau d'avertissement à chaque entrée, avec l'indication de la charge d'ammoniac.

Les portes de la SDM doivent être avec barre antipanique.

Une manche à air sera installée en partie haute des bâtiment voisin (visible de jour comme de nuit).

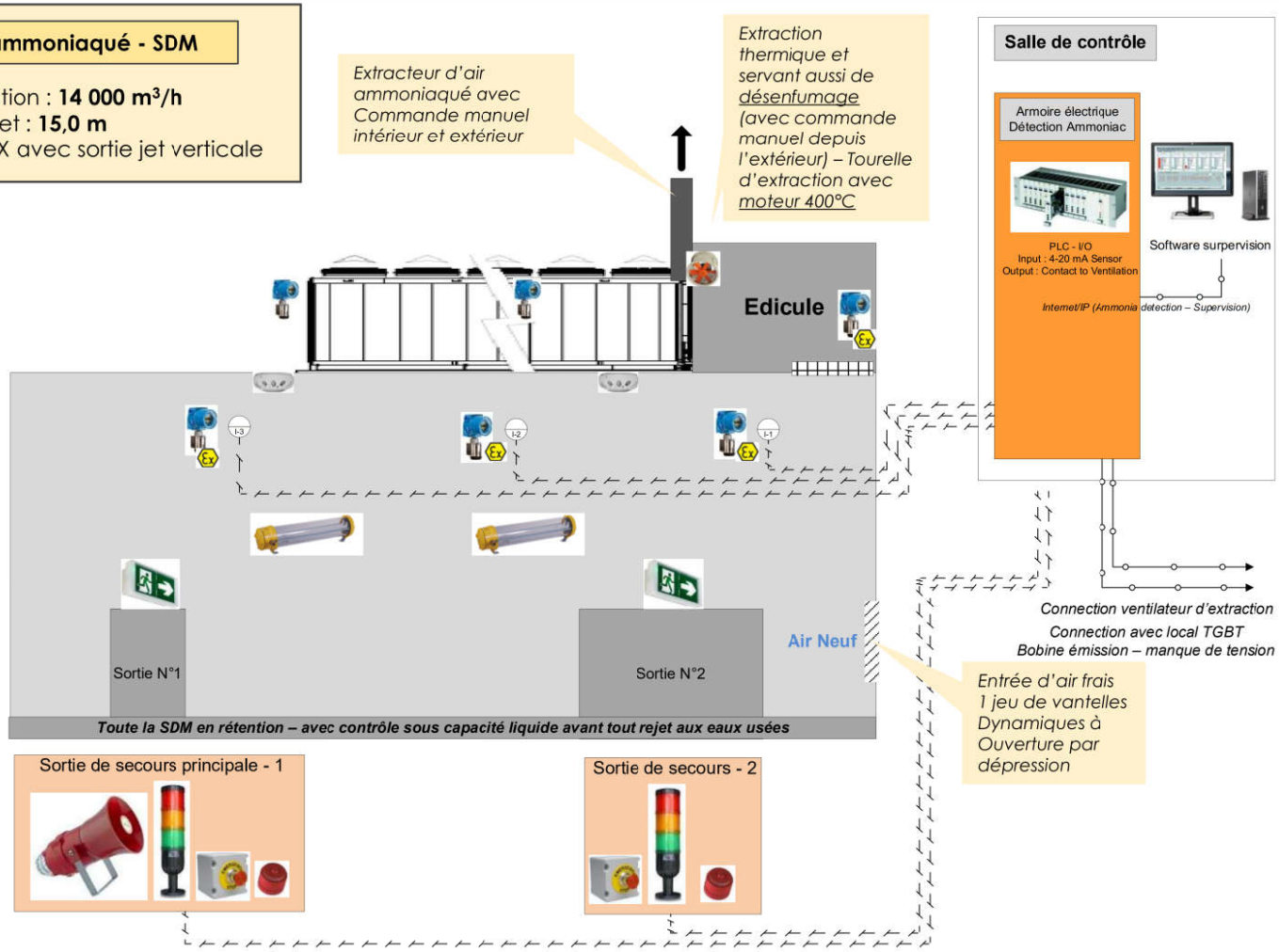
Une douche de protection doit être installée en dehors des zones à risque. L'eau de la douche sera potable et tiède en toute période de l'année.
Elles seront protégées contre le risque de gel et être prêtes à fonctionner en tout temps.

1. Local SDM
2. Edicule condenseur adiabatique
3. Extraction NH3 SDM
4. Condenseurs adiabatiques
5. Accès SDM techniciens
6. Accès SDM maintenance
7. Entrée d'air neuf
8. Exutoires de fumées
9. Cuve H2O récupération de chaleur

3 – Principe ventilation et détection NH3 – SDM

Extraction d'air ammoniaqué - SDM

- Débit d'extraction : **14 000 m³/h**
- Hauteur de rejet : **15,0 m**
- Extracteur ATEX avec sortie jet verticale



Intérieur

- Détecteur incendie
- Détecteur NH3 – 0/5000 ppm ATEX
- Détecteur NH3 – 0/100% LIE ATEX
- Bloc autonome EXIT (ATEX)
- Eclairage ATEX

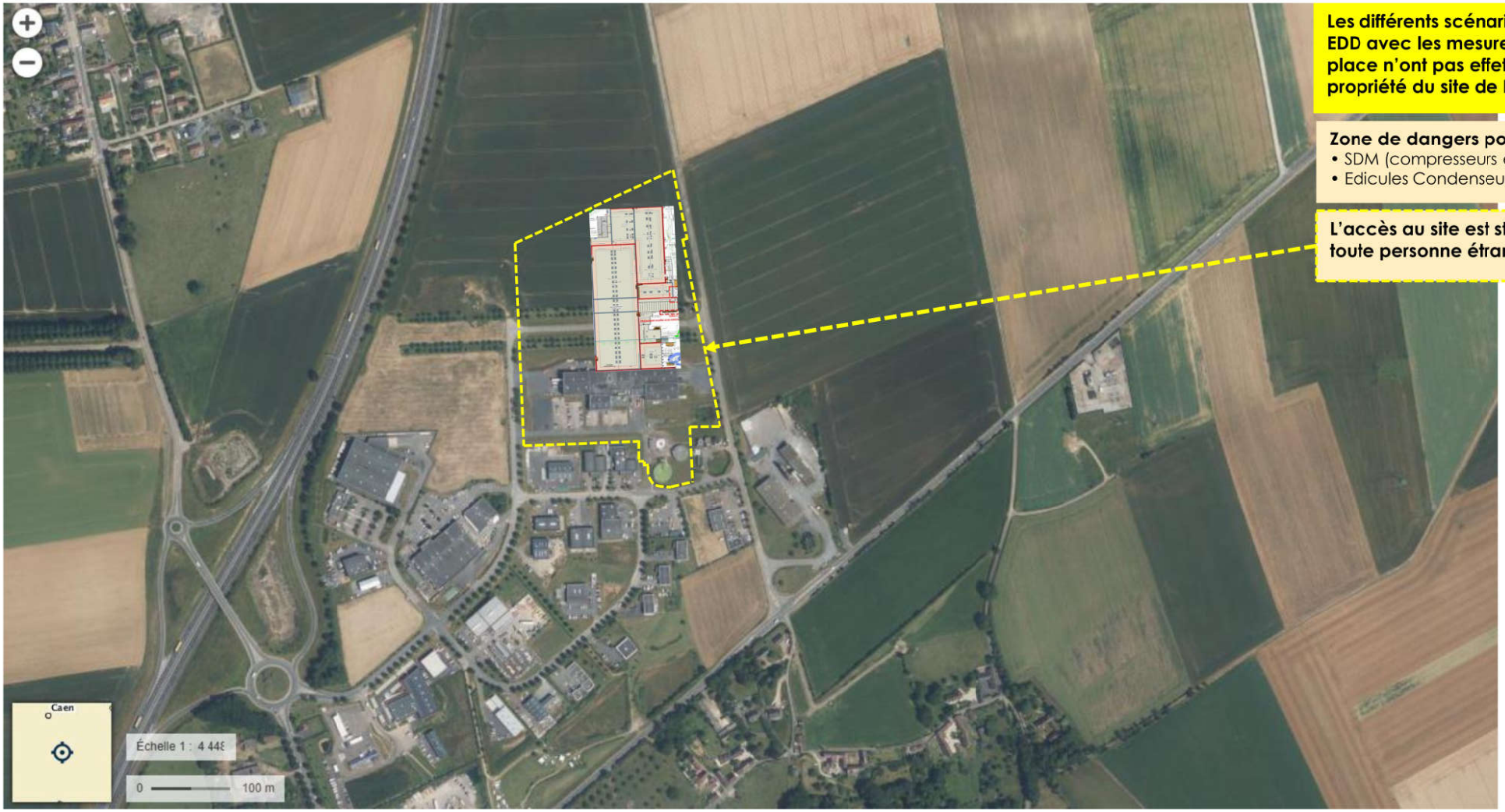
Extérieur

- Alarme visuel
- Arrêt d'urgence
- Alarme audible – Niveau 1
- Alarme audible – Niveau 2
- Alarme audible – Niveau 3 (seuil Ex)
- Commande manuel – Désenfumage

Annexe 13 - Répartition des zones à risques liés à l'utilisation de l'ammoniac
Site de BRIDOR – Falaise (14)

1. Localisation 2
2. Implantation SDM 3
3. Local SDM – RDC (Projet) 4
4. Local SDM – Terrasse R+1 (Projet) 5
5. Localisation avec relevés topographiques 6
6. Carte pour modélisation PHAST 8.22 7

1 – Localisation des zones à risques liés à l'utilisation de l'ammoniac



Les différents scénarii étudiés dans cette EDD avec les mesures qui seront mises en place n'ont pas effets hors des limites de propriété du site de BRIDOR Falaise (14).

Zone de dangers potentiels :
- SDM (compresseurs et bouteilles).
- Edicules Condenseurs.

L'accès au site est strictement interdit à toute personne étrangère (Clôture)

2 – Implantation SDM

Scénario des dispersions retenus pour la SDM :

Scénarii (1er chiffre n° de salle des machines; 2ème n° de définition du scénario)

Scénarii 10 (Gaz HP)

Scénarii 11 (Liquide HP)

Scénarii 12 (Liquide BP en fonctionnement)

Scénarii 13 (Liquide BP en fonctionnement et à l'arrêt, avec remontée en pression)

Scénario 14 (Fuite liquide sur tube condenseur)

Scénario 15 (Soupapes de sécurité)

SEI (au niveau des enjeux) DEL = NA

SEL (au niveau des enjeux) DEI = NA

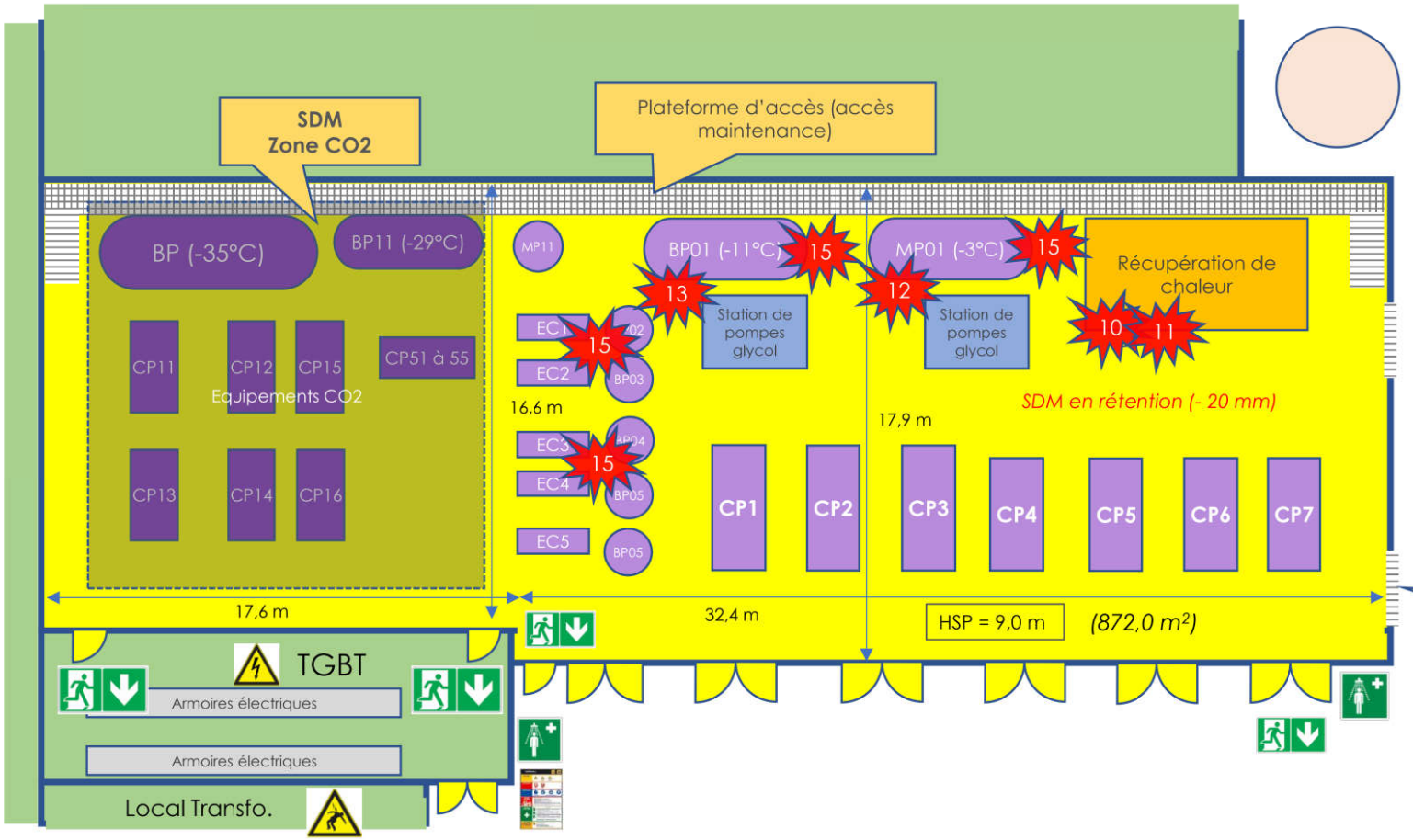
N A = La valeur « N A» (Non atteint), en distance horizontale signifie que les doses des Effets Létaux (SEL) ou des Effets Irréversibles (SEI) ne sont pas perçues au sol.

Voir résultats Annexe 8 (Modélisation PHAST méthode intégrale)

3 – Local SDM (RDC)

Local SDM - RDC

Charge d'ammoniac totale circuit NH3 = 4 700 kg



Scénarii de dispersion internes :

Scénario 10 (Gaz HP)
Scénario 11 (Liquide HP 20 bars)
Scénario 12 (Liquide BP en fonctionnement)
Scénario 13 (Liquide BP en fonctionnement et à l'arrêt, avec remontée en pression)
Scénario 15 (Soupapes de sécurité)

SEI (au niveau des enjeux) DEL = NA
SEL (au niveau des enjeux) DEI = NA

N A = La valeur « N A» (Non atteint), en distance horizontale signifie que les doses des Effets Létaux (SEL) ou des Effets Irréversibles (SEI) ne sont pas perçues au sol.

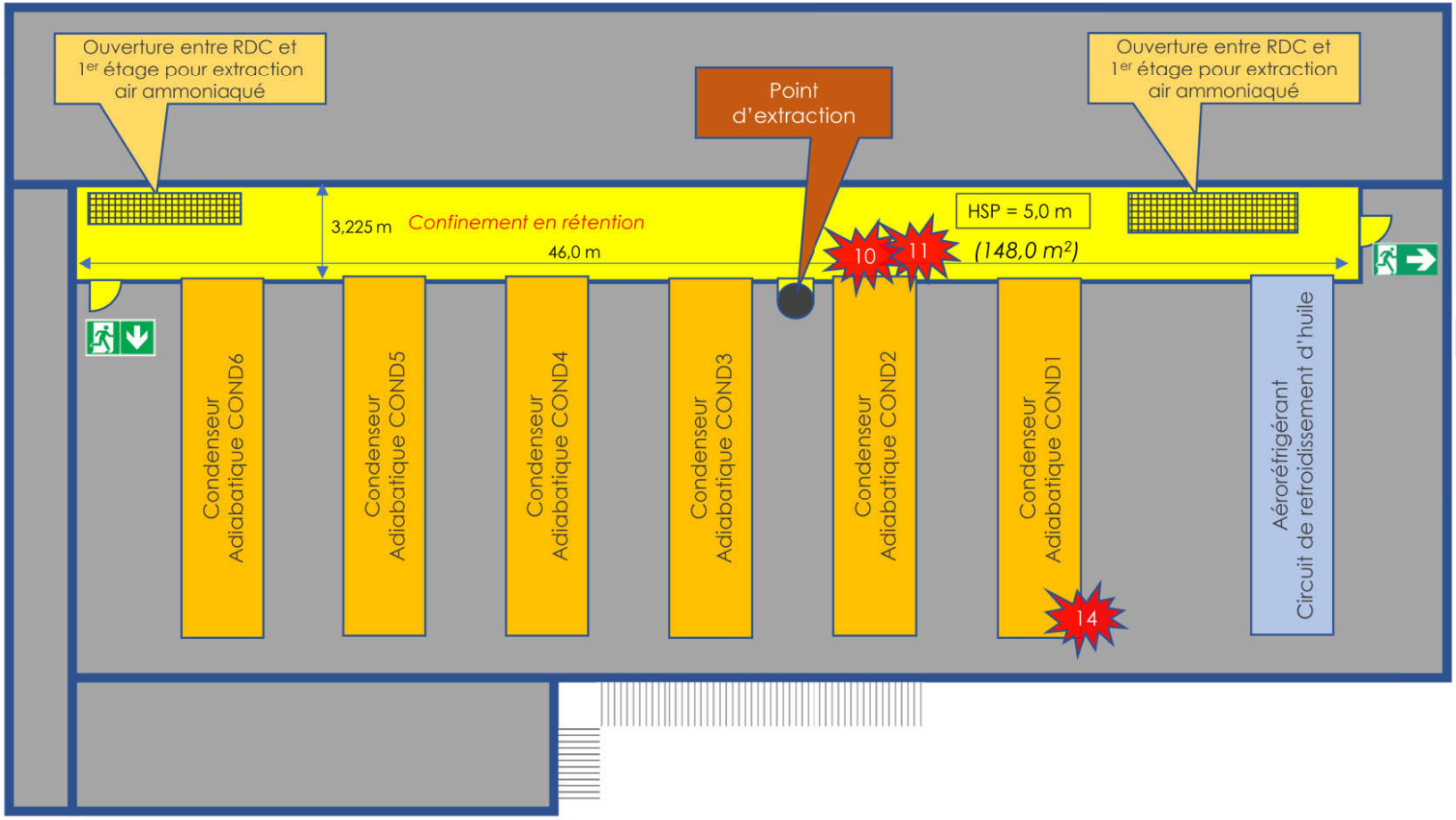
Voir résultats Annexe 8

Entrée d'air neuf avec grilles fixes coté extérieur et grilles à ventelles dynamiques coté intérieur

4 – Local SDM - Toiture

Local SDM – R+1 Niveau toiture

Charge d'ammoniac condenseurs = 1 350 kg (tuyauterie incluses)



Scénarii de dispersion internes :

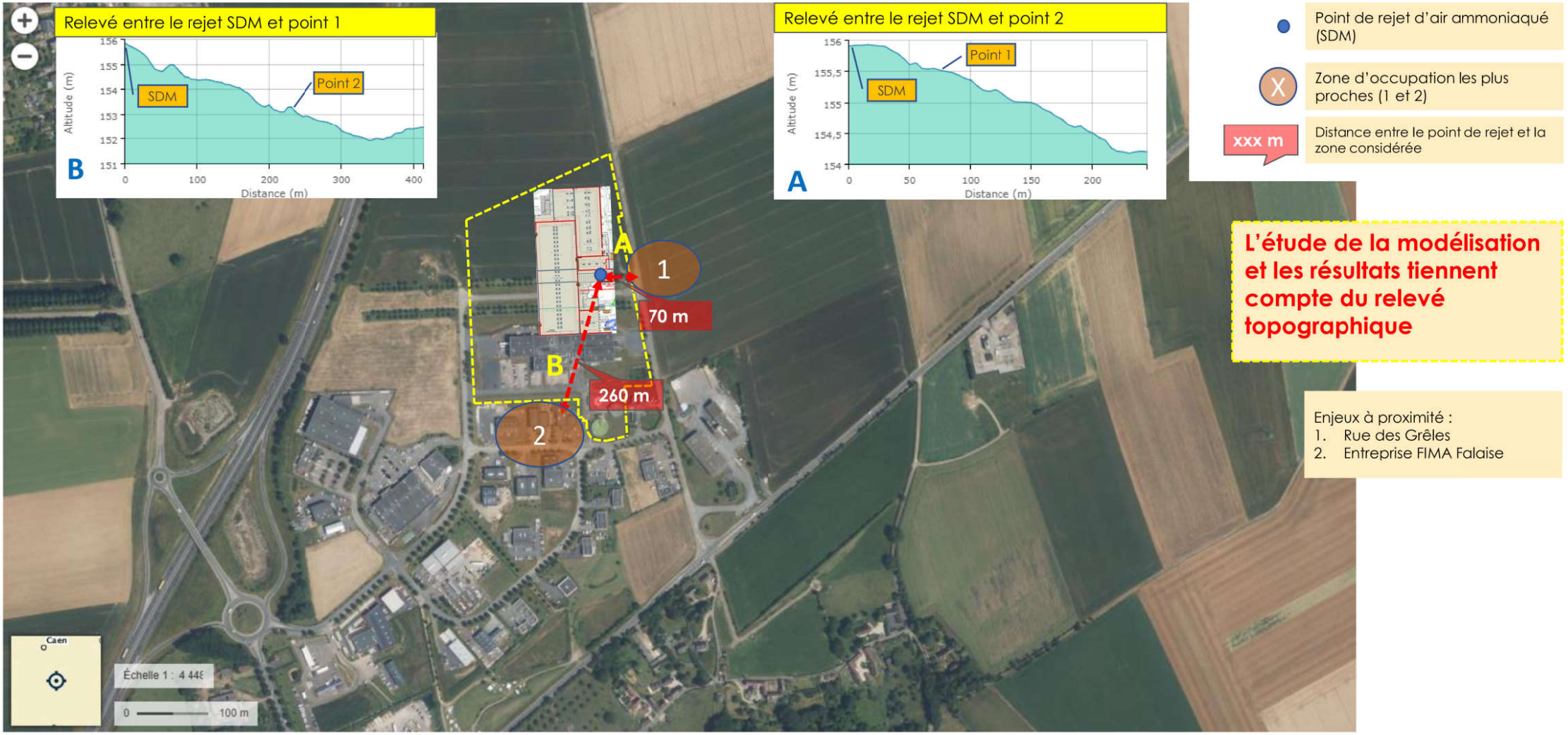
Scénarii 10 (Gaz HP)
Scénarii 11 (Liquide HP)

Scénario de dispersion externe :

Scénario 14 (Fuite liquide sur tube condenseur adiabatique)
SEI (au niveau des enjeux) DEL = NA
SEL (au niveau des enjeux) DEI = NA
N A = La valeur « N A» (Non atteint), en distance horizontale signifie que les doses des Effets Létaux (SEL) ou des Effets Irréversibles (SEI) ne sont pas perçues au sol.

Voir résultats Annexe 8

5 – Localisation avec relevés topographiques



Point de rejet d'air ammoniaqué (SDM)

X — Zone d'occupation les plus proches (1 et 2)

xxx m — Distance entre le point de rejet et la zone considérée

L'étude de la modélisation et les résultats tiennent compte du relevé topographique

Enjeux à proximité :
1. Rue des Grêles
2. Entreprise FIMA Falaise

6 – Carte pour modélisation dans PHAST

Atlantic Refrigeration Consulting

Annexe 14

Etude préalable d'implantation des détecteurs ammoniac

Frédéric LE BRONNEC
07/02/2025

Table des matières

Glossaire **2**

1. Textes applicables aux installations de réfrigération à l'ammoniac **3**

2. Principes d'évaluation des mesures **4**

2.1. Exigences réglementaires 4

2.2. Méthodes d'évaluation des barrières de sécurité 6

3. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la fuite toxique (Mesure T) **7**

3.1. Détection de fuite : détection gaz 7

3.1.1. Equipements local SDM 14

3.1.2. Remarques particulières 15

4. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de l'explosion (Mesure X) **16**

5. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la pollution (Mesure P) **17**

6. Mesure de protection / Limitation vis-à-vis des incendies (Mesure I) **18**

7. Dispositifs de sécurité (Passifs ou Actifs) **19**

8. Evaluation des dispositifs assurant la sécurité **20**

8.1. Grille d'évaluation 20

8.1.1. Détecteur gaz 21

Glossaire

AFF	Association Française du Froid
APR	Analyse Préliminaire de Risques
BARPI	Pureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels
BP	Basse Pression
EDD	Etude de Dangers
ERC	Evènement Redouté Central
ERP	ERP Etablissement Recevant du Public
HP	Haute Pression
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
MMR	Mesure de Maîtrise des Risques
MP	Moyenne Pression
NC	Niveau de Confiance
PhD	Phénomène Dangereux
POI	
PPRT	Plan de Prévention des Risques Technologiques
SEI	Seuil des Effets Irréversibles
SEL	Seuil des Effets Létaux
SELS	Seuil des Effets Létaux Significatifs
SIL	Safety Integrity Level
TMD	TMD Transport de Marchandises Dangereuses
USNEF	USNEF Union Syndicale Nationale des Exploitations Frigorifiques

Cette annexe fait référence à l'Article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 qui demande une étude préalable de l'implantation des détecteurs. Ce document fait le lien entre les recommandations identifiées et les articles ou chapitres des textes réglementaires et des normes.

Dans un premier temps, les textes applicables sont rappelés.

Objectif : Déterminer le nombre et l'implantation des détecteurs ammoniac (gazeux), des détecteurs pH (en prévention de la pollution) sur le site considéré.

1. Textes applicables aux installations de réfrigération à l'ammoniac

Les textes applicables aux installations soumises à autorisation sont de deux types :

- Des réglementations applicables à la rubrique 4735 de la nomenclature applicable à compter du 1er juin 2015 (transposition de la directive Seveso 3) :
  - L'arrêté du 16 juillet 1997 relatif aux installations de réfrigération employant l'ammoniac comme fluide frigorigène ; il est applicable aux installations de plus de 1,5 tonne d'ammoniac et ne concerne pas les installations frigorifiques à l'ammoniac qui sont incluses dans une installation de fabrication d'unité chimique dont l'exploitation est déjà soumise à autorisation ;
  - La circulaire n° 97-63 du 16/07/97 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement : Application de l'arrêté du 16/07/97 relatif aux installations de réfrigération employant de l'ammoniac comme fluide frigorigène ;
  - La circulaire du 10 décembre 2003 relative à application de l'arrêté ministériel du 16 juillet 1997 relatif aux installations de réfrigération employant l'ammoniac comme fluide frigorigène.
- Le code du travail – Article R4412-149 concernant les agents chimiques présents dans l'atmosphère des lieux de travail.
- La norme relative aux « Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur – Exigences de sécurité et d'environnement » ; la norme NF EN 378 se compose des parties suivantes :
  - Partie 1 (version 2020) : Exigences de base, définitions, classification et critères de choix.
  - Partie 2 (version 2017) : Conception, construction, essais, marquage et documentation.
  - Partie 3 (version 2020) : Installation in situ et protection des personnes.
  - Partie 4 (version 2019) : Fonctionnement, maintenance, réparation et récupération.

Le respect de la norme EN 378-3 chapitre 5 est imposé dans la réglementation. Les autres parties de la norme ne sont pas d'application obligatoire.

2. Principes d'évaluation des mesures

2.1. Exigences réglementaires

Les mesures de maîtrise des risques doivent répondre à des exigences réglementaires. L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à « l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation » fixe des exigences générales d'évaluation de performances.

- Article 4 :

« Pour être prises en compte dans l'évaluation de la probabilité, les mesures de maîtrise des risques doivent être efficaces, avoir une cinétique de mise en œuvre en adéquation avec celle des événements à maîtriser, être testées et maintenues de façon à garantir la pérennité du positionnement précité. »

- Article 5 :

« L'adéquation entre la cinétique de mise en œuvre des mesures de sécurité mises en place ou prévues et la cinétique de chaque scénario pouvant mener à un accident doit être justifiée. Cette adéquation est vérifiée périodiquement, notamment à travers des tests d'équipements, des procédures et des exercices des plans d'urgence internes. »

L'arrêté du 29 septembre 2005 requiert donc la vérification des quatre critères d'efficacité, de temps de réponse adapté, de testabilité et de maintenabilité doivent être vérifiés.

L'arrêté du 16 juillet 1997 relatif « aux installations de réfrigération employant l'ammoniac comme fluide frigorigène » donne des exigences plus ciblées qui sont explicitées dans les paragraphes suivants relatifs aux différentes MMR.

De manière générale, l'arrêté du 16 juillet 1997 impose aussi :

- **Un système de conduite permettant au personnel d'identifier toute dérive et paramètres de conduite ;**
- **Des équipements et paramètres de fonctionnement importants pour la sécurité** des installations, qui doivent répondre à des exigences **de conception éprouvée, de maintenabilité et de testabilité.**

- Ainsi, l'article 39 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise :

« Le dispositif de conduite des installations est conçu de façon que le personnel concerné ait immédiatement connaissance de toutes dérives des paramètres de conduite par rapport aux conditions normales d'exploitation ».

L'exploitant détermine la liste des équipements et paramètres de fonctionnement importants, pour la sécurité des installations, en fonctionnement normal, en fonctionnement transitoire ou en situation accidentelle. Les paramètres importants pour la sécurité des installations sont mesurés, si nécessaire enregistrés en continu et équipés d'alarme.

Les équipements importants pour la sécurité sont de conception simple, d'efficacité et de fiabilité éprouvées. Ces caractéristiques doivent être établies à l'origine de l'installation, mais aussi être maintenues dans le temps. Les dispositifs sont conçus de manière à résister aux contraintes spécifiques liées aux produits manipulés à l'exploitation et à l'environnement du système (choc, corrosion. etc.). Ces dispositifs et en particulier, les chaînes de transmission sont conçues pour permettre de s'assurer périodiquement, par test de leur efficacité.

Ces équipements sont contrôlés périodiquement et maintenus en état de fonctionnement selon des procédures écrites. Les opérations de maintenance et de vérification sont enregistrées et archivées pendant trois ans.

Des consignes écrites doivent préciser la conduite à tenir en cas d'indisponibilité ou de maintenance de ces équipements.

- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que « l'exploitant doit contrôler :
    - L'existence et la pertinence d'une liste de paramètres, ainsi qu'une procédure pour les contrôler ;
    - La réalisation effective de ces contrôles ;
    - La réalisation d'essais de mise en sécurité de l'installation (après préparation de ces essais pour éviter les accidents). »

Les résultats des essais seront consultés.

L'article 46 de l'arrêté du 16 juillet 1997 **demande une alimentation électrique de secours en cas d'impossibilité de mettre en sécurité certains dispositifs de sécurité.**

« Si l'installation ou l'appareillage conditionnant la sécurité ne peuvent être mis en position de sécurité en cas de défaillance de l'alimentation électrique normale, l'exploitant s'assurera de la disponibilité de l'alimentation électrique de secours et cela particulièrement à la suite de conditions météorologiques extrêmes (foudre, températures extrêmes, etc.). »

La circulaire du 10 décembre 2003 précise que l'exploitant doit contrôler « l'existence d'une alimentation électrique secourue. »

La gestion des MMR passe par la réalisation de procédures écrites :

- Procédures écrites de contrôle périodique et de maintien en état ;
- Enregistrement des opérations de tests et maintenance ;
- Consignes écrites de conduite à tenir en cas d'indisponibilité de la MMR.

2.2. Méthodes d'évaluation des barrières de sécurité

Les barrières de sécurité sont évaluées en suivant la méthodologie :

- Oméga 10 pour les barrières techniques de sécurité ;
- Oméga 20 pour les barrières humaines de sécurité ou fiche n°7 de la circulaire du 10 mai 2010.

Ces méthodes sont accessibles sur le site internet de l'INERIS.

L'évaluation s'appuie sur les évaluations individuelles de chaque élément de la barrière (détection, traitement, action) mais c'est l'évaluation de la barrière globale qui est retenue dans les évaluations de probabilité des évènements.

Les critères d'évaluation (communs aux barrières techniques et humaines) sont :

- **L'indépendance** : faculté d'une barrière, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une part d'autres barrières, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.
- **L'efficacité** : Capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation
- **Le temps de réponse** : Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser
- **Le niveau de confiance** : il traduit la fiabilité de la barrière ;
- **Le maintien des performances** des barrières (testabilité, maintenabilité).

Le mode commun de défaillance doit être étudié. Il doit être pris en compte dans les évaluations des probabilités des phénomènes dangereux et accidents majeurs.

L'indépendance vis-à-vis des dispositifs de conduite pour les arrêts d'urgence et la mise en sécurité électrique des installations est requise explicitement dans la réglementation. Ainsi l'article 39 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : *« Des dispositions sont prises pour permettre, en toute circonstance, un arrêt d'urgence et la mise en sécurité électrique des installations. Les dispositifs utilisés à cet effet sont indépendants des systèmes de conduite. Toute disposition contraire doit être justifiée et faire l'objet de mesures compensatoires. Les systèmes de mise en sécurité électrique des installations sont à sécurité positive. »*

3. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la fuite toxique (Mesure T)

Eléments des MMR (Mesure de Maîtrise des Risques)

Ce paragraphe liste les éléments des différentes MMR. Rappelons que c'est la MMR globale qui doit être évaluée pour être prise en compte dans l'évaluation probabiliste.

Des exigences réglementaires et normatives sont précisées ; elles peuvent être utilisées pour évaluer les performances des MMR.

3.1. Détection de fuite : détection gaz

Nécessité d'une détection gaz

Pour permettre l'intervention, des exutoires de fumées à commandes automatique et manuelle doivent être installés en partie haute de la salle des machines, avec des commandes manuelles situées à l'extérieur de la salle des machines, près des accès.

- L'article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise que « Les installations pouvant présenter un danger pour la sécurité ou la santé des personnes doivent être munies de systèmes de détection et d'alarme adaptés aux risques et judicieusement disposés de manière à informer rapidement le personnel de tout incident. […] Des détecteurs de gaz sont mis en place dans les zones présentant les plus grands risques en cas de dégagement ou d'accumulation importante de gaz ou de vapeurs toxiques. »
- La circulaire du 10 décembre 2010 que « l'exploitant contrôle :
  - Vérification de la conformité du plan de détection à la réalité du site ;
  - Pertinence de l'implantation de la détection ;
  - Essais périodiques de vérification de son efficacité (après préparation de ces essais pour éviter les accidents), qui doivent être enregistrés ;
  - Vérification de l'existence et de la tenue d'un document d'enregistrement relatant les déclenchements, comportant un compte-rendu des causes et du traitement de celles-ci ;
  - Vérifier que la ventilation fonctionne après déclenchement du premier seuil d'alarme ;
  - Vérification de la mise en sécurité effective de l'installation après déclenchement du second seuil d'alarme. »
- L'exploitant s'appuiera pour cela sur :
  - « Plan d'implantation de la détection ammoniac
  - Compte-rendu des essais de détection ammoniac. »
- La partie 3 de la norme NF EN 378 précise (§ 8.7) « afin d'avertir du risque d'explosion ou d'incendie des équipements dans une salle des machines spéciale, et pour des besoins de commande lorsque la charge est supérieure à 50 kg, un détecteur d'ammoniac est requis. »

Note : la norme (§ 8.7) demande également l'installation de détecteurs d'ammoniac dans le circuit de fluide frigorigène dans le cas des systèmes indirects. « Les détecteurs de R-717 doivent être incorporés dans le circuit de transfert de chaleur de systèmes indirects, par exemple des circuits d'eau ou de glycol, pour détecter la présente de fluide frigorigène dans le circuit, si la charge en R717 est supérieure à 500 kg. Ces détecteurs doivent déclencher une alarme dans la salle des machines et, si possible, à l'interface système de commande/opérateur, mais ils ne doivent ni déclencher de balises ou d'avertisseurs sonores ni initier une évacuation. »

Note : pour les installations situées à l'extérieur (condenseur en terrasse par exemple), la détection gaz est également recommandée ; le maillage devra permettre de couvrir les fuites dans toutes les directions. D'autres systèmes pourront être envisagés (pression basse…). L'efficacité de la détection sera accrue en cas de capotage des zones à risque avec installation des détecteurs au niveau du capotage.

Asservissements pour la salle des machines (et édicule condenseurs) – Cinétique.

La détection gaz est équipée de deux seuils de sécurité qui déclenchent les asservissements en deux temps + un seuil pour le risque d'explosivité :

- **1er seuil** : alarme visuelle et sonore + ventilation d'urgence ;
- **2ème seuil** : idem 1er seuil (le visuel et sonore seront différents du 1er seuil) + mise en sécurité des installations (coupure des alimentations électrique de tous les équipements du local technique), alarme générale.
- **3ème seuil** : alarme sirène pour la gestion du risque d'explosivité (seulement sur le capteur explosimètre (l'installation à déjà été arrêté au 2ème seuil).

- L'article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise « L'exploitant fixera au minimum les deux seuils de sécurité suivants :
  - Le franchissement du premier seuil entraînera le déclenchement d'une alarme sonore ou lumineuse et la mise en service, de la ventilation additionnelle, […] ;
  - Le franchissement du deuxième seuil entraînera, en plus des dispositions précédentes, la mise à l'arrêt en sécurité des installations, une alarme audible en tous points de l'établissement et, le cas échéant une transmission à distance vers une personne techniquement compétente (ce seuil est au plus égal au double de la valeur choisie pour le 1er seuil).
- Les détecteurs fixes doivent déclencher une alarme sonore ou visuelle retransmise en salle de contrôle. »
- La partie 3 de la norme NF EN 378 précise :
  - « Au niveau bas d'alarme, une alarme et la ventilation mécanique doivent être actionnées.
  - Au niveau haut d'alarme, le système de réfrigération doit être automatiquement arrêté. Au niveau haut d'alarme, l'alimentation électrique pour le fluide frigorigène vers la salle des machines spéciale doit également être arrêtée, ainsi que le système de ventilation mécanique d'urgence à moins qu'il existe des dispositions particulières (voir 5.17.1.2). »

Asservissements pour les combles techniques et atelier de travail - Cinétique.

La détection gaz est équipée de deux seuils de sécurité qui déclenchent les asservissements en deux temps :

- 1er seuil : alarme et ventilation d'urgence ;
- 2ème seuil : en plus, mise en sécurité des installations, alarme générale.

Le fonctionnement de l'ensemble est conforme aux préconisations suivantes à savoir :

- Le franchissement du **premier seuil (40 ppm)** entraînera le déclenchement d'une **alarme sonore et lumineuse** placée dans la salle concernée avec renvoi vers le service d'astreinte.
- Le franchissement du **deuxième seuil (80 ppm)** entraînera, en plus des dispositions précédentes, la mise à **l'arrêt en sécurité** des installations susceptibles d'être fuyantes, le déclenchement de l'ordre d'évacuation du personnel et la mise en service de l'éclairage de secours.

Le 2ème seuil réglé à 80 ppm entraîne la fermeture instantanée de toutes les électrovannes « liquide » et « gaz chauds » des stations de vannes des combles ainsi que les pompes NH3 de la SDM, puis environ une minute après la fermeture des vannes automatiques de la ligne d'aspiration ainsi que l'arrêt des compresseurs en mode « automatique d'arrêt », **cela signifie que le courant électrique restera toujours disponible en SDM pour un redémarrage des installations en mode dégradé de mise en sécurité complémentaire. Par conséquent l'installation ne s'arrêtera pas de la même façon que lors d'une fuite NH3 en SDM.**

De cette façon, on évite un aggravement de la fuite. En effet l'arrêt des compresseurs aura pour effet une remontée en pression et donc une augmentation du débit de fuite.

Remarque : pour simplifier l'installation il est bien sûr autorisé de faire fonctionner l'ensemble selon les prescriptions de l'article 42 de l'arrêté ministériel précité et arrêter l'installation comme pour une fuite en SDM avec déclenchement au « TGBT ». De cette façon toutes les fuites sont gérées de la même façon. Mais attention à la remontée en pression du circuit par effet domino.

Spécifications système de détection ammoniac.

Cinétique du système de détection ammoniac		**Signal sonore**	**Signal lumineux**	**Extraction NH3**	**Arrêt système SDM**	**Coupure des énergies** (sources électriques)
	3ème Seuil **10% LIE**	Signal 3	**Bleu**	Oui	Oui	Oui
	2ème seuil **1 000 ppm**	Signal 1 + 2	**Rouge**	Oui	Oui	Oui
	1er seuil **500 ppm**	Signal 1	**Orange**	Oui	Non	Non
	Opération de maintenance (1)	RAS	**Jaune**	Oui en mode forcée	Non	Non
	Conditions normales de fonctionnement	RAS	**Vert**	Non	Non	Non
Etape 1	**Signal sonore n°1** : Buzzer Alarme (> 10 dB du niveau de bruit ambiant)					
Etape 2	**Signal sonore n°2** : Sirène Alarme (Audible en tout point du site)					
Etape 3	**Signal sonore n°3** : Sirène hurlante (Audible en tout point du site)					
Etape 2	**Arrêt système de réfrigération** : Arrêt impératif de l'alimentation générale de tous les départs électriques alimentant des équipements dans la SDM					
Etape 2	**Coupure des énergies** : Coupure instantanée de toutes les sources d'alimentation électrique des équipements se trouvant dans la salle des machines et ce depuis d'extérieur de la salle des machines					
	AU : Une action sur AU (Arrêt d'urgence, aura le même effet que l'étape 2					
(1)	Un mode maintenance peut être activé pour un signalement d'une opération en cours (exemple une purge d'huile avec des émanations d'ammoniac possibles)					
(NB)	Toutes les étapes sont à associer à des procédures d'interventions bien définies					

Seuils et nature des détecteurs

Le choix des seuils et des technologies de détecteurs dépend des risques envisagés. Dans les locaux avec du personnel, les effets toxiques sont recherchés et les seuils sont adaptés au temps de présence du personnel. On étudiera différemment les lieux de travail suivants :

- Salle des machines + confinement condenseurs.

Détection ammoniac dans les installations de réfrigération :

*Pour **les installations ammoniac de plus de 1500k**g il est nécessaire de respecter **l'arrêté du 16 juillet 1997**. Cet arrêté mentionne à l'article 42 du titre VIII le point suivant :*

« …. L'exploitant fixera au minimum les deux seuils de sécurité suivants :

- *Le franchissement du premier seuil entraînera le déclenchement d'une alarme sonore ou lumineuse et la mise en service de la ventilation additionnelle, conformément aux normes en vigueur ;*
- *Le franchissement du deuxième seuil entraînera en plus des dispositions précédentes, la mise à l'arrêt en sécurité des installations, une alarme audible en tous points de l'établissement et, le cas échéant, une transmission à distance vers une personne techniquement compétente **(ce seuil est égal au plus au double de la valeur choisie pour le premier seuil)** …… ».*

***La norme NF EN 378-3** (ex NF 35-400) **obligatoirement applicable dans le cadre des arrêtés cités aux points 2) et 3)** et recommandée dans le cadre du point 1) stipule entre autres au point 7.5:*

*« **7.5 Détecteurs d'ammoniac avertissant du danger d'explosion ou d'incendie** :*

Un détecteur d'ammoniac requis en 6.2.5 (Ammoniac dans des salles des machines spéciale) doit fonctionner à une concentration ne dépassant pas :

- *380 mg/m3 (500ppm (V/V) dans les salles des machines (niveau bas d'alarme) ;*
- *22800 mg/m3 (30000ppm (V/V) (niveau haut d'alarme).*

Au niveau bas d'alarme, une alarme et la ventilation mécanique doivent être actionnées. Au niveau haut d'alarme le système de réfrigération doit être automatiquement arrêté. »

CONCLUSIONS : comme on doit cumuler l'application de tous ces textes, il va falloir prendre le plus contraignant de chaque texte.

Résultat 1 : *Ce qui signifie* ***que pour la protection en zone technique :***

- *Le* ***premier seuil*** *de détection sera* ***au maximum de 500 ppm****,*
- *Le* ***second seuil*** *de détection sera* ***au maximum de 1000 ppm*** *tout en ne dépassant pas le double du premier seuil,*
- *Le* ***troisième seuil*** *de détection sera* ***au maximum de 30 000 ppm*** *seuil haut donné par l'EN 378,*
- *Le choix sur le* ***type de sondes*** *à utiliser se portera des sondes de type «* ***toximétrique*** *» : en effet technologie actuelle des sondes de type « explosimétrique » ne permet pas dans leur gamme de mesure (0 à 30000ppm) de contrôler des seuils aussi bas (500ppm maxi).*

Résultat 2 : ***La protection des travailleurs*** *recommande les valeurs prévues par* ***le du code du travail et fixées dans l'article R4412-149*** *à savoir :*

- *La VME (Valeur limite de Moyenne Exposition sur le lieu de travail* ***pour un poste de 8 heures****) à* ***10 ppm****,*
- *La VLE (Valeur Limite d'Exposition sur le lieu de travail* ***pendant 15 minutes****) à* ***20 ppm****,*

En cas de fuite d'ammoniac ou présence supposée et au vu de ces recommandations on appliquera les seuils de ***protection des travailleurs*** *de façon à ce que les travailleurs ne soient pas incommodés. La valeur de ces seuils sera contrôlée grâce à des détecteurs portables qui seront à utiliser pour entrer dans lesdits lieux à atmosphère ammoniaquée.*

En fonction des procédures du site le personnel habilité pourra entrer avec les EPI adéquats dans les locaux « ammoniaqués ».

Zone de travail avec personnel *: Les volumes des zones où les employés travaillent en permanence sont très grands et les organes à risques de fuite d'ammoniac sont éloignés des travailleurs postés. En cas de fuite l'ammoniac sera dilué dans le grand volume d'air des locaux et la concentration d'NH3 diminuera en approchant du personnel.*

Il faut se rappeler que le meilleur détecteur est l'odorat, et en cas de fuite même minime le travailleur sentira l'ammoniac plus rapidement qu'une sonde ne pourrait le faire. La personne ayant senti l'ammoniac évacuera d'elle-même sans attendre le signal automatique déclenché par la sonde NH3.

Ce qui signifie que pour la ***protection des travailleurs*** *il est possible, mais non obligatoire, de mettre des détecteurs fixes pour empêcher le personnel d'entrer dans une zone « ammoniaquée » ou déclencher une alarme, par -contre* ***les valeurs limites pour l'ammoniac sont réglementaire contraignante****.*

On recommandera donc les valeurs suivantes pour les postes de travail permanant :

- *Le* ***premier seuil*** *de détection sera* ***au maximum de 10 ppm****,*
- *Le* ***second seuil*** *de détection sera* ***au maximum de 20 ppm*** *tout en ne dépassant pas le* ***double du premier seuil****,*
- *Le choix sur le type de sondes à utiliser se portera des sondes de type « toximétrique ».* ***Dans tous les cas les ensembles de détection seront antidéflagrants*** *(voir directive ATEX).*

Exigences en cas de déclenchement

En cas de déclenchement d'un détecteur gaz, des contrôles doivent être effectués et tracés. La remise en service de l'installation ne peut pas être faite automatiquement.

- L'article 42 de la l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Tout incident ayant entraîné le dépassement du seuil d'alarme gaz toxique donne lieu à un compte rendu écrit tenu à la disposition de l'inspecteur des installations classées durant un an. […] La remise en service d'une installation arrêtée à la suite du déclenchement d'une alarme ne peut être décidée que par une personne déléguée à cet effet, après examen détaillé des installations et analyse de la défaillance ayant provoqué l'alarme. »

Technologie des détecteurs

En salle des machines et sur la plateforme de condensation (absence de personnel), les détecteurs sont du type électrochimique dans la mesure où les seuils de détection retenus sont usuellement de l'ordre de 1000 ppm.

Si des utilisations en explosimétrie sont visées, les détecteurs seront de type catalytique

Parfois, un 3ème seuil plus bas (toximétrie) est possible sur les détecteurs. En cas d'intervention en salle des machines, le personnel pourra s'équiper d'un détecteur portatif.

Dans les locaux où du personnel peut être présent, les détecteurs sont du type électrochimique et sont réglés pour des utilisations en toximétrie.

- L'article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « Les zones de sécurité sont équipées de systèmes de détection dont les niveaux de sensibilité sont adaptés aux situations. Ces détecteurs doivent être de type toximétrie dans les endroits où les employés travaillent en permanence ou susceptibles d'être exposés, et de type explosimétrie dans les autres cas où peuvent être présentes des atmosphères confinées. »

Nombre et position des détecteurs

Le positionnement des détecteurs reste difficile à recommander de manière générale. Des exigences existent pour le positionnement au-dessus des équipements sujets à fuite (compresseurs, pompes…). Les règles de bonnes pratiques conduisent usuellement à mettre plusieurs détecteurs dans la salle des machines (au minimum deux) situés en partie basse et haute. Un ordre de grandeur peut être d'un détecteur pour 100 m2 au sol. On pourra installer des détecteurs toximétriques en partie basse (position des intervenants) et des explosimétriques en partie haute. Souvent un détecteur est placé au niveau de la gaine d'extraction.

- L'article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 note « L'implantation des détecteurs résulte d'une étude préalable. ».
- La partie 3 de la norme NF EN 378 (§ 8.7) fixe des exigences sur le nombre et la position des détecteurs : « Lorsque la salle des machines spéciale ne comprend que des compresseurs ou des unités de compresseurs, au moins un détecteur doit être placé sur les compresseurs ou les unités. Le site des pompes de réfrigération, dans une salle des machines ou dans d'autres zones, doit également être surveillé par un détecteur monté à l'avant et à proximité des pompes. »

Note : pour les installations situées à l'extérieur, le maillage de la détection ammoniac devra permettre de couvrir les différentes directions de fuite.

3.1.1. Equipements local SDM

Equipement de détection à mettre en place (suivant Arrêté 16/07/97 et EN 378-3) :

Désignation	Détecteur gaz ATEX SIL2 (Cellule catalytique) > 0-100% LIE	Détecteur gaz ATEX SIL2 (Cellule électronique) > 0-5000 ppm	Détecteur pH
Local SDM			
SDM partie haute[N5]	1		
Zone de compression[N1]		2	
Séparateur de liquide BP[N1]		2	
Séparateur de liquide MP[N1]		1	
Zone récupération de chaleur		1	
Collecteur d'échappement soupapes de sécurité[N3]	1	Ou (1)	
Circuit MPG (-8/-4°C) [N4]			1
Circuit MPG (+0/+4°C) [N4]			1
Circuit MPG chaud[N4]			1
Circuit récupération de chaleur			1
Rejets des eaux du local[N2]			1
Local Edicule SDM			
Edicule partie haute[N5]	1		
Zone intérieur		4	
Collecteur d'échappement soupapes de sécurité[N3]	1	Ou (1)	
Condenseurs adiabatiques (en extérieur)			
Intérieur du condenseur		6	
Rejets des eaux condenseur adiabatique[N2]			1

N1 : Suivant EN 378-3 article 9.3.3 « Détecteurs de R717 »

N2 : Il est possible de faire un contrôle du pH commun aux rétentions, l'objectif étant une totale maitrise du risque de pollution à l'intérieur du site. Pour cela il faudra collecter les eaux de déconcentration avant rejet vers la station. Le montage de la sonde ph pourra se faire dans un syphon largement dimensionné équipé d'une vanne motorisée en sortie. Cette vanne motorisée sera asservie à la détection pH (fermeture en cas de fuite ammoniac, ph élevé).

N3 : Le contrôle des soupapes peut se faire dans une boite à soupapes (contrôle commun). Attention à la plage de mesure de ce capteur dédié aux soupapes.

N4 : Une seule détection pH est suffisante si les circuits sont communs.

N5 : Ce capteur est nécessaire dans la gestion du risque d'explosivité de l'ammoniac en cas de forte concentration (disfonctionnement de l'extracteur d'air ammoniaqué par exemple).

3.1.2. Remarques particulières

<u>Remarque sur la position de la ou les centrales de détection</u> :

La ou les centrales seront éloignées des zones à risques. La lecture des alarmes sur ladite centrale permettra de connaître immédiatement le lieu de la supposée fuite, car toutes les zones à risque du site sont surveillées par cet ensemble de détection « ammoniac » à sécurité dite « positive ».

La centrale sera secourue par une source externe de courant si nécessaire, à minima par une batterie interne.

<u>Particularité pour la SDM sur la mise en œuvre de la mesure barrière :</u>

L'ensemble du système de détection, la ventilation de sécurité et l'éclairage de secours doivent répondre à la réglementation **ATEX** pour un classement en **Zone 2** (Présence de matières inflammables dans des conditions anormales pendant de courtes périodes uniques).

Les protections **IP6X** doivent être adaptées (presse-étoupe adapté), le câblage de l'ensemble doit être réalisé avec du câble pour **zone ATEX 2**.

Ammoniac (Groupe de gaz IIA, classement température T1).

Suivi des détecteurs

Conformément aux réglementations en vigueur (exigences de testabilité et de maintenabilité), les détecteurs gaz doivent faire l'objet d'un suivi et de tests réguliers. Les détecteurs électrochimiques sont testés usuellement tous les 6 mois. Les têtes doivent être changées assez souvent, en fonction des résultats des tests ; en ordre de grandeur, le changement s'effectue tous les 18 à 24 mois.

- L'article 42 de l'arrêté du 16 juillet 1997 spécifie « L'exploitant doit dresser la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et doit déterminer les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps. »
- Il est spécifié dans la norme (§ 8.7) que « les détecteurs doivent être adaptés à leur utilisation et étalonnés par un organisme compétent. ».
- <u>L'exploitant doit tenir à disposition la liste de ses détecteurs incluant</u> :
    - Numéro de série.
    - Gamme de mesure du capteur.
    - Seuils de sécurité.
    - Temps de réponse (à minima respect du T90 constructeur).
    - Date d'installation (ou de fin de vie estimée).
    - Voies vers la centrale (schéma électrique).

4. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de l'explosion (Mesure X)

Les mesures explicitées dans ce chapitre visent à prévenir l'inflammation en cas de nuage d'ammoniac en zone confinée.

Ci-dessous un extrait du document INERIS :

Retour d'expérience

L'ammoniac et la réfrigération

Réf. : SEI / BARPI ED0389 - Février 1995 (complété par la MàJ du 30/03/1995).

« L'ammoniac est considéré comme un gaz relativement peu inflammable. Ses limites d'inflammabilité dans l'air sont comprises entre 15 et 28 %. Une étude indique cependant que la L.I.E. peut être réduite de 4 % en présence pour un nuage composé d'huile (fuite simultanée de lubrifiant) et d'ammoniac en aérosol. La température d'auto-inflammation de l'ammoniac est de 630°C. Sa dissociation en azote et en hydrogène débutant à 450 - 550°C, la combustion obtenue peut provenir de l'hydrogène formé.

Bien que très supérieure à celle de la plupart des hydrocarbures, son énergie minimale d'inflammation (680 mJ) est néanmoins inférieure à celle délivrée par l'étincelle d'un interrupteur (1 J).

Le caractère inflammable et explosif de l'ammoniac, en milieu confiné en particulier est sujet à controverses. Une bibliographie réalisée en 1991 précise que toutes les caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité publiées indiquent que l'ammoniac est un gaz combustible assez nettement moins réactif, vis-à-vis de l'air, que la plupart des autres gaz combustibles, le méthane en particulier. Ainsi, l'énergie d'inflammation d'un mélange air / ammoniac est plus grande, la flamme dans le mélange se propage plus difficilement et plus lentement, enfin la violence de l'explosion en récipient fermé est plus faible. L'étude réalisée cite quelques accidents à l'étranger dans lesquels une inflammation / explosion de l'ammoniac est suspectée. En l'état actuel des connaissances et sans élément précis sur ces accidents (aucun cas connu n'est répertorié en France), ce risque n'est abordé que superficiellement dans cette étude. Il n'en sera pas de même, par contre, pour les incendies liés à l'environnement proche de l'installation (de nombreux cas sont connus en raison notamment des matériaux d'isolation employés), ces derniers pouvant être à l'origine d'un effet domino éventuel ».

Détection explosimétrique

Un capteur explosimétrique sera installé en SDM, car souvent les capteurs toximétrique installé pour le premier et deuxième seuil ont une échelle de mesure limitée. Le capteur toximétrique permettra à tout moment en cas incident la lecture de la concentration et ainsi d'avertir sur le niveau de risque réel les équipes d'intervention présente.

5. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la pollution (Mesure P)

Dissociation eaux procédés et eaux pluviales

Les eaux utilisées dans le procédé doivent être dissociées des eaux pluviales ; un contrôle de leur qualité doit être effectué avant leur rejet. Les tuyauteries contenant de l'ammoniac ne sont pas installées dans des conduits en liaison avec les égouts.

- L'article 34 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise : « le rejet direct d'eaux de refroidissement ou de chauffage ainsi que des eaux de dégivrage provenant des circuits alimentant des échangeurs et appareillages dans lesquels circulent l'ammoniac ne peut être effectué qu'après avoir vérifié que ces eaux ne soient pas polluées accidentellement. »
- L'article 35 ajoute : « Le réseau de collecte doit être de type séparatif, permettant d'isoler les eaux résiduaires polluées des eaux pluviales non susceptibles être polluées. Les points de rejet des eaux résiduaires doivent être en nombre aussi réduit que possible et aménagés pour permettre un prélèvement aisé d'échantillon et l'installation d'un dispositif de mesure du débit. En aucun cas, les tuyauteries contenant l'ammoniac ne sont situées dans les égouts ou dans les conduits en liaison directe avec les égouts. »
- L'article 37 précise : « Les effluents aqueux récupérés susceptibles d'être pollués (pompages, lavage d'installation. etc.) doivent être stockés dans des capacités avant leur valorisation ou leur élimination dans des conditions ne présentant pas de risque de pollution. »
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que doivent être vérifiés :
  - « Qu'un contrôle de la qualité des eaux est effectué et formalisé ;
  - Les dispositions prises en cas de fuite, de rejet des eaux de refroidissement, de dégivrage ;
  - **Les moyens de contrôle du pH** ;
  - L'existence et la mise en œuvre d'un programme de contrôle de rejets. »
- La vérification s'appuiera sur les « documents de contrôle de la qualité des eaux (modalités et mesures), les procédures de traitement des eaux ammoniaquées, le programme de contrôle des rejets. »

6. Mesure de protection / Limitation vis-à-vis des incendies (Mesure I)

Des incendies sont possibles à l'extérieur de la salle des machines (par exemple dans les installations d'entreposage de denrées). **Des effets dominos sont possibles et des mesures doivent être prises pour prévenir la propagation d'un incendie**.

La salle des machines peut aussi être le siège d'incendies. Des mesures sont prises pour prévenir le développement et la propagation des incendies.

Les mesures relatives à l'incendie sont précisées dans ce paragraphe.

Limitation des effets d'un incendie

Détection incendie et alarmes

Les installations (salle des machines, utilisateurs) doivent être équipées de détecteurs incendie. En cas de déclenchement, une alarme sonore et lumineuse est requise pour intervention éventuelle.

- L'article 48 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise « L'exploitant doit implanter de façon judicieuse un réseau de détection incendie, au besoin en s'assurant du concours des services internes à l'établissement ou d'entreprises spécialisées. Tout déclenchement du réseau de détection incendie entraîne une alarme sonore et lumineuse localement et au niveau d'un service spécialisé de l'établissement (poste de garde, PC incendie, etc.). »
- La circulaire du 10 décembre 2003 précise que les actions suivantes doivent être effectuées :
  - « Vérification de la mise en place de la détection incendie avec dispositif d'alerte ;
  - Vérification des détecteurs ;
  - Vérification périodique du fonctionnement du système de détection. »
- Ces contrôles s'appuieront sur un plan de détection incendie.

Intervention : exutoire de fumées

Pour permettre l'intervention, des exutoires de fumées à commandes automatique et manuelle doivent être installés en partie haute de la salle des machines, avec des commandes manuelles situées à l'extérieur de la salle des machines, près des accès.

- L'article 45 de l'arrêté du 16 juillet 1997 précise « Les salles de machines doivent être équipées en partie haute de dispositifs à commande automatique et manuelle permettant l'évacuation des fumées et gaz de combustion dégagés en cas d'incendie. Les commandes d'ouverture manuelle sont placées à l'extérieur du risque et à proximité des accès. Les commandes des dispositifs d'ouverture doivent facilement être accessibles. »

7. Dispositifs de sécurité (Passifs ou Actifs)

Un dispositif de sécurité est en général un élément unitaire, autonome, ayant pour objectif de remplir une fonction de sécurité, dans sa globalité.

Un dispositif peut être classé en 2 catégories :

- Les **dispositifs passifs** qui ne mettent en jeu aucun système mécanique pour remplir leur fonction et qui ne nécessitent ni action humaine (hors intervention de type maintenance), ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour remplir leur fonction. On retrouve notamment dans cette catégorie les cuvettes de rétention, les disques de rupture, les arrête-flammes ainsi que les murs coupe-feu.
- Les **dispositifs actifs** qui mettent en jeu des dispositifs mécaniques (ressort, levier…) pour remplir leur fonction. On retrouve notamment dans cette catégorie les soupapes de décharge et les clapets limiteurs de débit.

Systèmes Instrumentés de sécurité SIS : ce sont des combinaisons de capteur, d'unité de traitement et d'actionneur ayant pour objet de remplir une fonction, ou sous fonction, de sécurité. Un SIS nécessite une énergie extérieure pour initier ses composants et mener à bien sa fonction de sécurité.

Remarque : Les capteurs électriques considérés comme des EIPS, seront câblé de façon « **à sécurité positive** ». De cette façon, par manque de tension les alarmes sont automatiquement émises (même si le défaut n'existe pas réellement, cela est nécessaire pour déceler un disfonctionnement de la chaine de sécurité qui doit toujours rester sous tension.

Il est recommandé qu'une chaine de sécurité des EIPS ne passe pas par un API, mais doit être connecté directement sur la puissance (on peut avoir un report sur l'automate bien sûr, mais ce n'est pas l'automate qui doit émettre un signal de coupure).

Dénomination barrières	Dispositif PASSIF	Dispositif ACTIF	Systèmes instrumentés de sécurité SIS		Temps de réponse *(secondes)*	NC
			Simple	Complexe		
Détecteur incendie avec capteurs		X	Oui		30	2
Détecteur NH3		X	Sans objet		15	2
Capteur NH3		X	Sans objet		1	2
Détecteur NH3 + capteurs		X	Oui		16	2

8. Evaluation des dispositifs assurant la sécurité

Les équipements définis comme important pour la sécurité ayant été déterminé par l'exploitant, on exigera de ces équipements qu'ils répondent pour la sécurité à des caractéristiques spécifiques.

Ces caractéristiques servent de base d'évaluation des EIPS et sont regroupées en trois catégories :

1. Caractéristiques de conception,
2. Comportement sur défauts,
3. Suivi de l'équipement (maintenance, vérification, étalonnage).

8.1. Grille d'évaluation

Cette méthodologie d'évaluation consiste à contrôler et valider l'adéquation entre les performances des matériels et l'utilisation sur site, elle s'appuie sur une notation des différentes performances évoquées précédemment à l'aide d'une grille d'évaluation.

L'évaluation d'un équipement au moyen de cette grille se déroule en cinq étapes.

Première étape :

Définir le danger combattu et les équipements IPS associés, en indiquant leur désignation, leur fonction ainsi que leur quantité.

Deuxième étape :

Evaluer le niveau d'efficacité et de fiabilité des équipements IPS en s'assurant qu'ils répondent aux exigences des 5 principes (PI à P5) évoqué précédemment. Pour chaque principe, on donne la note 1 si l'exigence est remplie et la note 0 si elle n'est pas remplie. Indiquer le temps de réponse, si l'équipement est concerné par cette performance.

Troisième étape :

Evaluer le comportement de l'équipement IPS vis à vis des défauts. Pour chaque défaut (inviolabilité, mode dégradé, blocage, compatibilité) évoqué précédemment, on met la note 1 s'il n'y le défaut est possible et la note 0 si le défaut ne peut exister.

Quatrième étape :

Définir si les actions d'ordre organisationnel, nécessaires au bon fonctionnement de l'équipement IPS, sont mises en place. Ceci consiste à vérifier la mise en œuvre d'actions planifiées et systématiques, fondées sur des procédures écrites, mises à jour et donnant lieu à l'établissement de documents archivés. Pour chaque action organisationnelle (procédure de mise en œuvre, de maintenance, d'étalonnage) définie précédemment, on donne la note 1 si elle est mise en place et appliquée et la note 0 dans le cas contraire.

Cinquième étape :

Donner la note finale de l'équipement et statuer sur son niveau de confiance. Le principe de notation finale est en cours de validation. Nous testons cette méthode d'évaluation sur plusieurs sites chimiques afin d'avoir un retour d'expérience suffisant vis à vis de cette cotation.

8.1.1. Détecteur gaz

Détecteur (gaz) – usuellement considérées comme des EIPS			
Capteur NH3 avec son transmetteur		Polytron 7000 ou similaire	
Fabricant		DRAEGER ou autre	
Généralités			
Danger combattu	Rejet d'ammoniac dans l'atmosphère par suite de rupture accidentelle d'origine humaine ou mécanique.		
Barrière active	Par présence d'ammoniac au seuil prédéfini l'ensemble de détection arrête l'installation et isole la partie distribution de la partie SDM.		
Barrière de prévention	Au signal détecté, l'installation est arrêtée pour limiter la durée et par conséquent la quantité du rejet dans la SDM, ou dans la salle de PROCESS, puis à l'extérieur.		
Description de l'équipement			
Désignation	Ensemble de détection NH3.		
Fonction	Arrêt total de l'installation en cas de détection au-delà du seuil de 500ppm.		
Temps de réponse avec arrêt système	Ce temps est inférieur à 15 secondes après présence 500ppm NH3 sur sonde.		
Caractéristique de conception / Niveau d'efficacité et de fiabilité			
*Exigence remplie note = **1** ; non remplie note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Principe de concept éprouvé	✓ Pas de taux de défaillance connu à ce jour. ✓ Dispositif certifié conformément aux normes EN 50021 "matériel à énergie limitée de petite dimension pour gaz pouvant être monté dans une zone dangereuse. ✓ Voir la fiche produit du constructeur.	**P1**	**1**
Principe de sécurité positive	✓ En cas de détection NH3 une information est donnée à l'unité de traitement. ✓ En cas de manque de tension une information est donnée à l'unité de traitement pour action sur les éléments terminaux (arrêt SDM, extraction NH3, fermeture vanne de barrage).	**P2**	**1**
Principe de tolérance à la défaillance	✓ Pour chaque zone un ensemble de détection est mis en redondance par rapport à un autre ensemble de détection. ✓ Si un des éléments le constituant est défectueux il y a action sur les organes terminaux. (Arrêt SDM, extraction NH3, fermeture vanne de barrage).	**P3**	**1**
Principe de résistance aux contraintes spécifiques	✓ Ces ensembles de détection ont été spécialement étudiés pour détecter de l'ammoniac dans l'air. ✓ Ces ensembles ont subi des essais de validation (voir certificat). ✓ Ces ensembles sont conformes à la Norme Européenne pré citée.	**P4**	**1**
Principe de testabilité	✓ Ces ensembles peuvent être testé facilement. ✓ Ces ensembles peuvent être testés en marche avec gaz étalon ✓ Des procédures de test de ces ensembles seront mises en œuvre après sa mise en place. (Test installateur en partenariat avec utilisateur, 2 fois par an, et archivage sur 3 ans). ✓ Toute la chaîne de sécurité complète sera également testée dans les mêmes conditions.	**P5**	**1**

Comportement sur défaut de l'équipement			
*Pas de dysfonctionnement note = **1** ; dysfonctionnement note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Mise hors service de la barrière	✓ La barrière ne peut pas être mise hors service sauf lors des tests en réels, avec une procédure spécifique. ✓ Le boitier d'accès aux valeurs de réglages est scellé. ✓ Seul du personnel compétent est habilité à intervenir sur ces ensembles. ✓ Les valeurs de réglages ne sont pas accidentellement modifiables par inattention.	D1	1
Etat bloqué	✓ La barrière ne peut pas se bloquer sécuritairement. ✓ Toutes les parties électroniques sont inaccessibles car enfermées dans un local de contrôle spécifique.	D2	1
Efficacité dégradée ou dérive	✓ En cas de défaillance d'un capteur, la voie se met en défaut après auto-scrutation avec une émission d'alarme sonore et visuelle au niveau de la centrale.	D3	1
Compatibilité avec le système	✓ La technologie du système est compatible avec sa fonction à assurer (détection NH3) quel que soit les conditions d'exploitation (poussières, milieu salin, hygrométrie, températures ambiantes de -40°C à +65°C).	D4	1
Inspection et maintenance spécifique / Organisation entretien			
*Procédures existantes note = **1** ; Pas de procédures note = **0** ; critère non applicable = **NA***		**Niveau**	
Procédure spécifique opératoire	✓ La conception de la barrière est de conception simple, fréquemment utilisée dans les circuits frigorifiques sans connaissance particulière du produit. ✓ Des vérifications mensuelles seront effectuées pour garantir la présence physique de l'EIPS.	AQ1	1
Procédure de maintenance préventive	✓ La maintenance suivra les recommandations du fabricant quant aux périodicités de contrôle. ✓ Toutes les procédures de maintenance seront archivées pour une durée minimale de 3 ans.	AQ2	1
Procédure d'étalonnage	✓ Test / Maintenance : effectué régulièrement (partie électrique peut être faite par utilisateur et partie « cellule » doit être faite par un spécialiste (le plus souvent le fournisseur) ; vérifié semestriellement ; contrat d'entretien avec constructeur.	AQ3	1
Niveau SIL[6] (**S**afety **I**ntegrity **L**evel)			
	SIL 2 vérifié, selon constructeur	SIL	2
Niveau de confiance (NC)			
Information complémentaire	✓ Plusieurs détecteurs sont présents dans la salle des machines (par zone de compression et à proximité dans séparateurs de liquide). ✓ Centrale : automate spécifique (le plus souvent) ou automate de l'exploitant ; Si centrale spécifique, est usuellement certifiée (SIL1 ou SIL2) ;	ACCEPTABLE	
		NC	2

Pour plus d'informations, le lecteur se reportera aux fiches BADORIS sur le site internet de l'INERIS :

- Fiche sur les détecteurs électrochimiques et capacitifs : détecteur ammoniac : BADORIS - Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.)
- Détecteur fixe de gaz ammoniac - Version 1.1 – janvier 2008 : Fiche sur les détecteurs de gaz inflammables : Détecteur de gaz inflammable – 2004.

(6) Le SIL (Safety Integrity Level) traduit la fiabilité de la MMR. Il est déterminé dans le cadre de certifications de matériel.

L'évaluation de la maîtrise des détecteurs de gaz a fait l'objet d'une fiche d'inspection spécifique (voir Annexe 11) dans le cadre d'une action nationale lancée par le MEDDE en 2014. Le lecteur pourra se reporter à cette fiche et à son guide pédagogique [x] afin d'avoir un complément d'informations pour la maîtrise des détecteurs de gaz, en particulier les aspects « dimensionnement » et « temps de réponse ».

Atlantic Refrigeration Consulting

Annexe 16

Complément MMR CO2

Frédéric LE BRONNEC
07/02/2025

Table des matières

Glossaire **2**

1. Textes applicables aux installations de réfrigération au CO2 ..... **3**

2. Principes d'évaluation des mesures **4**

2.1. Exigences réglementaires 4

2.2. Méthodes d'évaluation des barrières de sécurité 5

3. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la fuite toxique (Mesure T) **6**

3.1. Détection de fuite : détection gaz 6

3.1.1. Equipements local SDM 10

3.1.2. Dispositions particulières 11

3.1.3. Réduction des effets – Extraction mécanique 12

4. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de l'explosion (Mesure X) **13**

5. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la pollution (Mesure P) **13**

6. Mesure de protection / Limitation vis-à-vis des incendies (Mesure I) **13**

Glossaire

AFF	Association Française du Froid
APR	Analyse Préliminaire de Risques
BARPI	Pureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels
BP	Basse Pression
EDD	Etude de Dangers
ERC	Evènement Redouté Central
ERP	ERP Etablissement Recevant du Public
HP	Haute Pression
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
MMR	Mesure de Maîtrise des Risques
MP	Moyenne Pression
NC	Niveau de Confiance
PhD	Phénomène Dangereux
POI	
PPRT	Plan de Prévention des Risques Technologiques
SEI	Seuil des Effets Irréversibles
SEL	Seuil des Effets Létaux
SELS	Seuil des Effets Létaux Significatifs
SIL	Safety Integrity Level
TMD	TMD Transport de Marchandises Dangereuses
USNEF	USNEF Union Syndicale Nationale des Exploitations Frigorifiques

Dans un premier temps, les textes applicables sont rappelés.

Objectif : Déterminer le nombre et l'implantation des détecteurs CO2 (gazeux sur le site considéré.

1. Textes applicables aux installations de réfrigération au CO2

Les textes applicables aux installations soumises à autorisation sont de deux types :

- Décret n°2020-1546 du 9 décembre 2020 fixant des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes pour certains agents chimiques.
- La norme relative aux « Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur – Exigences de sécurité et d'environnement » ; la norme NF EN 378 se compose des parties suivantes :
  - Partie 1 : Exigences de base, définitions, classification et critères de choix ;
  - Partie 2 : Conception, construction, essais, marquage et documentation ;
  - Partie 3 : Installation in situ et protection des personnes ;
  - Partie 4 : Fonctionnement, maintenance, réparation et récupération.

2. Principes d'évaluation des mesures

2.1. Exigences réglementaires

Les mesures de maîtrise des risques doivent répondre à des exigences réglementaires. L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à « l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation » fixe des exigences générales d'évaluation de performances.

- Article 4 :

« Pour être prises en compte dans l'évaluation de la probabilité, les mesures de maîtrise des risques doivent être efficaces, avoir une cinétique de mise en œuvre en adéquation avec celle des événements à maîtriser, être testées et maintenues de façon à garantir la pérennité du positionnement précité. »

La gestion des MMR passe par la réalisation de procédures écrites :

- Procédures écrites de contrôle périodique et de maintien en état ;
- Enregistrement des opérations de tests et maintenance ;
- Consignes écrites de conduite à tenir en cas d'indisponibilité de la MMR.

2.2. Méthodes d'évaluation des barrières de sécurité

Les barrières de sécurité sont évaluées en suivant la méthodologie :

- Oméga 10 pour les barrières techniques de sécurité ;
- Oméga 20 pour les barrières humaines de sécurité ou fiche n°7 de la circulaire du 10 mai 2010.

Ces méthodes sont accessibles sur le site internet de l'INERIS.

L'évaluation s'appuie sur les évaluations individuelles de chaque élément de la barrière (détection, traitement, action) mais c'est l'évaluation de la barrière globale qui est retenue dans les évaluations de probabilité des évènements.

Les critères d'évaluation (communs aux barrières techniques et humaines) sont :

- **L'indépendance** : faculté d'une barrière, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une part d'autres barrières, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.
- **L'efficacité** : Capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation
- **Le temps de réponse** : Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser
- **Le niveau de confiance** : il traduit la fiabilité de la barrière ;
- **Le maintien des performances** des barrières (testabilité, maintenabilité).

Le mode commun de défaillance doit être étudié. Il doit être pris en compte dans les évaluations des probabilités des phénomènes dangereux et accidents majeurs.

L'indépendance vis-à-vis des dispositifs de conduite pour les arrêts d'urgence et la mise en sécurité électrique des installations est requise explicitement dans la réglementation.

3. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la fuite toxique (Mesure T)

Eléments des MMR (Mesure de Maîtrise des Risques)

Ce paragraphe liste les éléments des différentes MMR. Rappelons que c'est la MMR globale qui doit être évaluée pour être prise en compte dans l'évaluation probabiliste.

Des exigences réglementaires et normatives sont précisées ; elles peuvent être utilisées pour évaluer les performances des MMR.

3.1. Détection de fuite : détection gaz

Nécessité d'une détection gaz

Pour permettre l'intervention, des exutoires de fumées à commandes automatique et manuelle doivent être installés en partie haute de la salle des machines, avec des commandes manuelles situées à l'extérieur de la salle des machines, près des accès.

- L'exploitant contrôle :
  - Vérification de la conformité du plan de détection à la réalité du site ;
  - Pertinence de l'implantation de la détection ;
  - Essais périodiques de vérification de son efficacité (après préparation de ces essais pour éviter les accidents), qui doivent être enregistrés ;
  - Vérification de l'existence et de la tenue d'un document d'enregistrement relatant les déclenchements, comportant un compte-rendu des causes et du traitement de celles-ci ;
  - Vérifier que la ventilation fonctionne après déclenchement du premier seuil d'alarme ;
  - Vérification de la mise en sécurité effective de l'installation après déclenchement du second seuil d'alarme. »
- L'exploitant s'appuiera pour cela sur :
  - Plan d'implantation de la détection CO2
  - Compte-rendu des essais de détection CO2

Asservissements pour la salle des machines – Cinétique.

La détection gaz est équipée de deux seuils de sécurité qui déclenchent les asservissements en deux temps + un seuil pour le risque d'explosivité :

- **1er seuil** : alarme visuelle et sonore + ventilation d'urgence ;
- **2ème seuil** : idem 1er seuil (le visuel et sonore seront différents du 1er seuil) + alarme générale avec évacuation de la zone concernée.

- La partie 3 de la norme NF EN 378 précise :
  - « Si des alarmes sont utilisées pour avertir d'une fuite dans la salle des machines ou dans un espace occupé, elle doit avertir d'une fuite de fluide frigorigène conformément à 8.3. L'alarme doit être déclenchée par le signal du détecteur conformément à l'Article 9. L'alarme doit également alerter une personne autorisée pour qu'elle prenne les mesures nécessaires.
  - Le système d'alarme doit générer un avertissement à la fois sonore et visuel, comme par exemple une forte sonnerie (15 dB(A) au-dessus du niveau sonore ambiant) et une lumière clignotante.
  - Pour une salle des machines, le système d'alarme doit générer un avertissement à l'intérieur et à l'extérieur de la salle des machines. L'alarme située à l'extérieur de la salle des machines peut être installée dans un endroit surveillé.
  - Pour un espace occupé, le système d'alarme doit générer un avertissement au moins à l'intérieur de l'espace occupé. »

Seuils et nature des détecteurs

Le choix des seuils et des technologies de détecteurs dépend des risques envisagés. Dans les locaux avec du personnel, les seuils sont adaptés au temps de présence du personnel. On étudiera différemment les lieux de travail suivants :

- Salle des machines (local technique) + combles techniques.
- Zone de production tranche 1 (LV15 & LV16).
- Zone de production tranche 2 (2 x lignes de production supplémentaires).

Détection CO2 dans les installations de réfrigération :

La norme NF EN 378-3 *(2020)* ***applicable dans le cadre d'installation de réfrigération fonctionnant au CO2*** *et recommandée stipule entre autres au point 9.3.1 :*

*« **Type et performances de détecteurs** :*

- *Tout détecteur adéquat peut être utilisé et doit générer un signal électrique à la valeur présélectionnée de la concentration en fluide frigorigène ou en oxygène (valeur présélectionnée) qui active les robinets d'arrêt, le système d'alarme, la ventilation mécanique ou d'autres commandes d'urgence.*
- *Le fonctionnement des détecteurs doit être contrôlé de manière continue. En cas de panne d'un détecteur, il convient d'activer la séquence d'urgence comme si un fluide frigorigène avait été détecté.*
- *La valeur présélectionnée du détecteur de fluide frigorigène à 30 °C ou 0 °C, selon la plus critique des deux valeurs, doit être fixée à 25 % de la LFL ou **50 % de l'ATEL/ODL**, en retenant la plus faible des deux valeurs, comme indiqué dans l'EN 378-1 :2016+A1 :2020, Annexe E. La valeur présélectionnée du détecteur de privation d'oxygène doit être de 18 % ou plus.*

Décret n°2020-1546 du 9 décembre 2020 fixant des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes pour certains agents chimiques

- *Limite haute pour 8h d'exposition (VLEP) pour le CO2 : **5 000 ppm***

Résultat 1 : *Synthèse de l'EN 378 + le Décret n°2020-1546 **:***

- *Le **premier seuil** de détection sera **au maximum de 5 000 ppm**,*
- *Le **second seuil** de détection sera **au maximum de 15 000 ppm***

Les 15 000 ppm sont le résultat en appliquant 50% de ATEL/ODL

Pour information synthèse des réglementations internationales (expérience avec le CO2) :

Valeurs limites d'exposition professionnelle (ppm)	UE	UK	US
Taux normal de l'atmosphère		380 - 480	
Taux correct en lieux fermés		600 -800	
Taux tolérable en lieux fermés	1 000		
Limite haute pour 8h d'exposition (VLEP)	5 000	5 000	5 000
Exposition très courte (max)	15 000	15 000	30 000
IDLH*	-	-	40 000
Augmentation fréquence respiration et cardiaque		3 à 8%	
Nausée, vomissement, évanouissement		> 10%	
Evanouissement rapide, décès		> 20%	

(*) Immediately Dangerous to Life an Health Concentration

Technologie des détecteurs

En salle des machines et sur la plateforme de condensation (absence de personnel), les détecteurs sont du type infrarouge.

Nombre et position des détecteurs

Le positionnement des détecteurs reste difficile à recommander de manière générale. Des exigences existent pour le positionnement au-dessus des équipements sujets à fuite (compresseurs, pompes…). Les règles de bonnes pratiques conduisent usuellement à mettre plusieurs détecteurs dans la salle des machines (au minimum deux) situés en partie basse et haute. Un ordre de grandeur peut être d'un détecteur pour 100 m^2 au sol. Pour le CO2, les détecteurs seront positionnés en partie basse (CO2 gaz lourd).

- La partie 3 de la norme NF EN 378 (§ 9.2)
    - L'emplacement des détecteurs doit être choisi en fonction du fluide frigorigène et ils doivent être situés là où le fluide frigorigène provenant d'une fuite se concentrera.
    - Le détecteur doit être positionné en tenant compte des schémas locaux d'écoulement de l'air ainsi que de l'emplacement des sources de ventilation et des grilles d'aération. La possibilité de dommage mécanique ou de contamination doit également être prise en compte.
    - Au moins un détecteur doit être installé dans chaque salle des machines ou espace occupé considéré et/ou dans la salle souterraine la plus basse pour les fluides frigorigènes plus lourds que l'air et au point le plus haut pour les fluides frigorigènes plus légers que l'air.

3.1.1. Equipements local SDM

Equipement de détection à mettre en place (suivant EN 378-3) :

Désignation	Détecteur Infrarouge CO2	Détecteur O2
Local SDM		
SDM		1
Zone 1 (zone de compression)	1	
Zone 2 (zone Bouteille BP11)	1	
Zone 3 (zone Bouteille BP12)	1	
Zone 4 (zone de condensation)	1	
Combles techniques		
Combles techniques surgélateurs		1
Combles techniques CF négative		1
Station de vannes surgélateur LV15	1	
Station de vannes surgélateur LV16	1	
Station de vannes CF rognures	1	
Station de vannes CF négative	2	
Locaux de production (Atelier de travail)		
Atelier surgélateur LV15	2	1
Atelier surgélateur LV16	2	1
CF rognures	1	
CF négative	2	

N1 : Les détecteurs CO2 sont placés en partie basse dans les locaux (h < 50 cm) – avec une protection mécanique (inox dans les Atelier de production).

N2 : Pour les TK le même principe sera appliqué pour le nombre et l'implantation des détecteurs.

3.1.2. Dispositions particulières

Remarque sur la position de la ou les centrales de détection :

La ou les centrales seront éloignées des zones à risques. La lecture des alarmes sur ladite centrale permettra de connaître immédiatement le lieu de la supposée fuite, car toutes les zones à risque du site sont surveillées par cet ensemble de détection « CO2 » à sécurité dite « positive ».

La centrale sera secourue par une source externe de courant si nécessaire, à minima par une batterie interne (EN 378 §8.2).

Suivi des détecteurs

Conformément aux réglementations en vigueur (exigences de testabilité et de maintenabilité), les détecteurs gaz doivent faire l'objet d'un suivi et de tests réguliers. Les détecteurs électrochimiques sont testés usuellement tous les 6 mois. Les têtes doivent être changées assez souvent, en fonction des résultats des tests ; en ordre de grandeur, le changement s'effectue tous les 18 à 24 mois.

- EN 378 § 9.3.1 : Une période de maintenance appropriée doit être établie pour chaque type de détecteur utilisé.

Exigences en cas de déclenchement

En cas de déclenchement d'un détecteur gaz, des contrôles doivent être effectués et tracés. La remise en service de l'installation ne peut pas être faite automatiquement.

- EN 378 § 8.1 : Si des alarmes sont utilisées pour avertir d'une fuite dans la salle des machines ou dans un espace occupé, elle doit avertir d'une fuite de fluide frigorigène conformément à 8.3. L'alarme doit être déclenchée par le signal du détecteur conformément à l'Article 9. **L'alarme doit également alerter une personne autorisée pour qu'elle prenne les mesures nécessaires**.

3.1.3. Réduction des effets – Extraction mécanique

- **Réduction des effets par mise en route de l'extraction :** la barrière est constituée des éléments suivants :
  - ✓ Détection de fuite : comme précédemment ;
  - ✓ Action : mise en route de l'extraction d'urgence qui se fait :
    - Automatiquement sur détection gaz ;
    - Manuellement par action sur un bouton (indépendant de celui arrêtant les installations).
  - ✓ **Nombre et débit des extracteurs CO2.**

Désignation	Ventilation	Débit
		m^3/h
SDM Local production de froid	Ventilateur SDM1	33 000
/Surgélateur*		5 000
/CF négative (station de vannes)		5 000

(*) le débit d'extraction est donné à titre indicatif calculé avec une charge de CO2 théorique qui sera réadapté en fonction des données fournisseurs.

Dans les locaux techniques, la ventilation mécanique se fait en partie basse. En condition normale un volet est fermé sur l'extérieur. Lors d'une détection le volet s'ouvre et la ventilation est mise en service.

Dans les combles techniques, la ventilation mécanique se fait en partie basse des combles, les entrées d'air sont les aérations déjà prévu pour les combles.

Pour les ateliers de productions le brassage se fera par les CTA en passant en air neuf + la mise en service d'extracteur, ce qui permettra un brassage de l'atelier.

Extracteur CO2 :

Débit d'extraction minimum (obligatoire) est calculé à partir de la relation de la NF EN 378/3 qui est : $V = 14 \times M^{2/3}$

Avec V en l / s et M la masse CO2 du plus grand circuit de la SDM, bouteille MP ou BP

Ce débit minimum horaire (en m3/h) doit également être supérieur à 4 fois le volume de la SDM.

Ce débit minimum horaire (en m3/h) n'est pas limité en débit maximal il est ajusté en fonction de l'étude des scénarii, du refroidissement de la SDM du respect du débit d'extraction qui doit être inférieur à 15 fois le volume de la SDM. Ce qui est respecté.

L'extraction de sécurité se fait en partie basse

4. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de l'explosion (Mesure X)

Le CO2 est un gaz utilisé comme agent extincteur – Il n'y a pas de risque d'explosion.

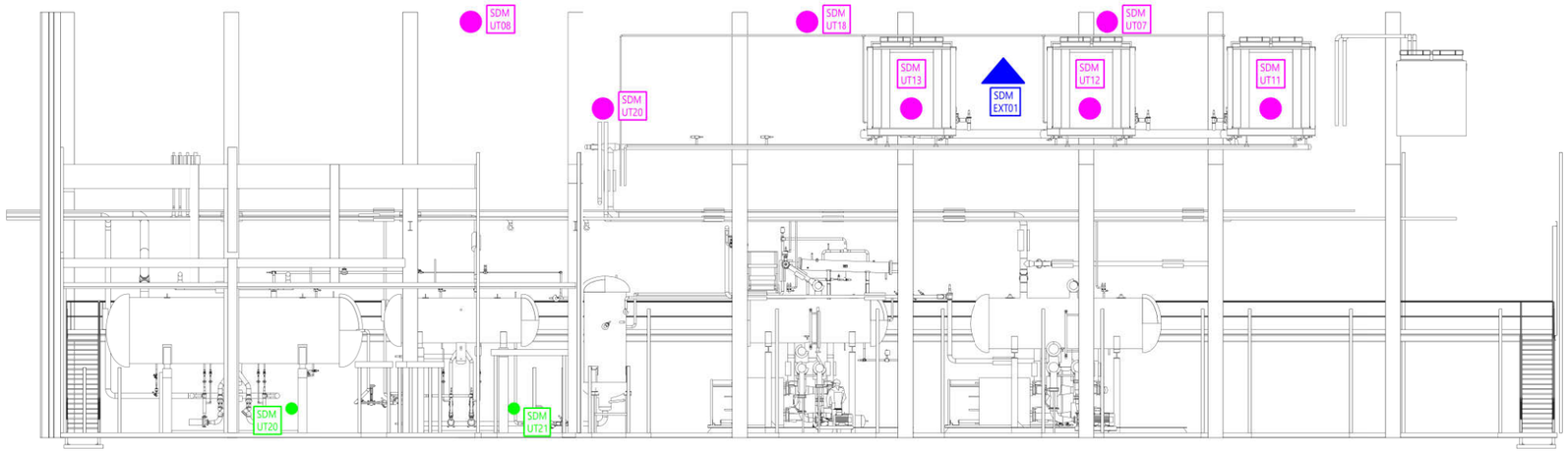
5. Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la pollution (Mesure P)

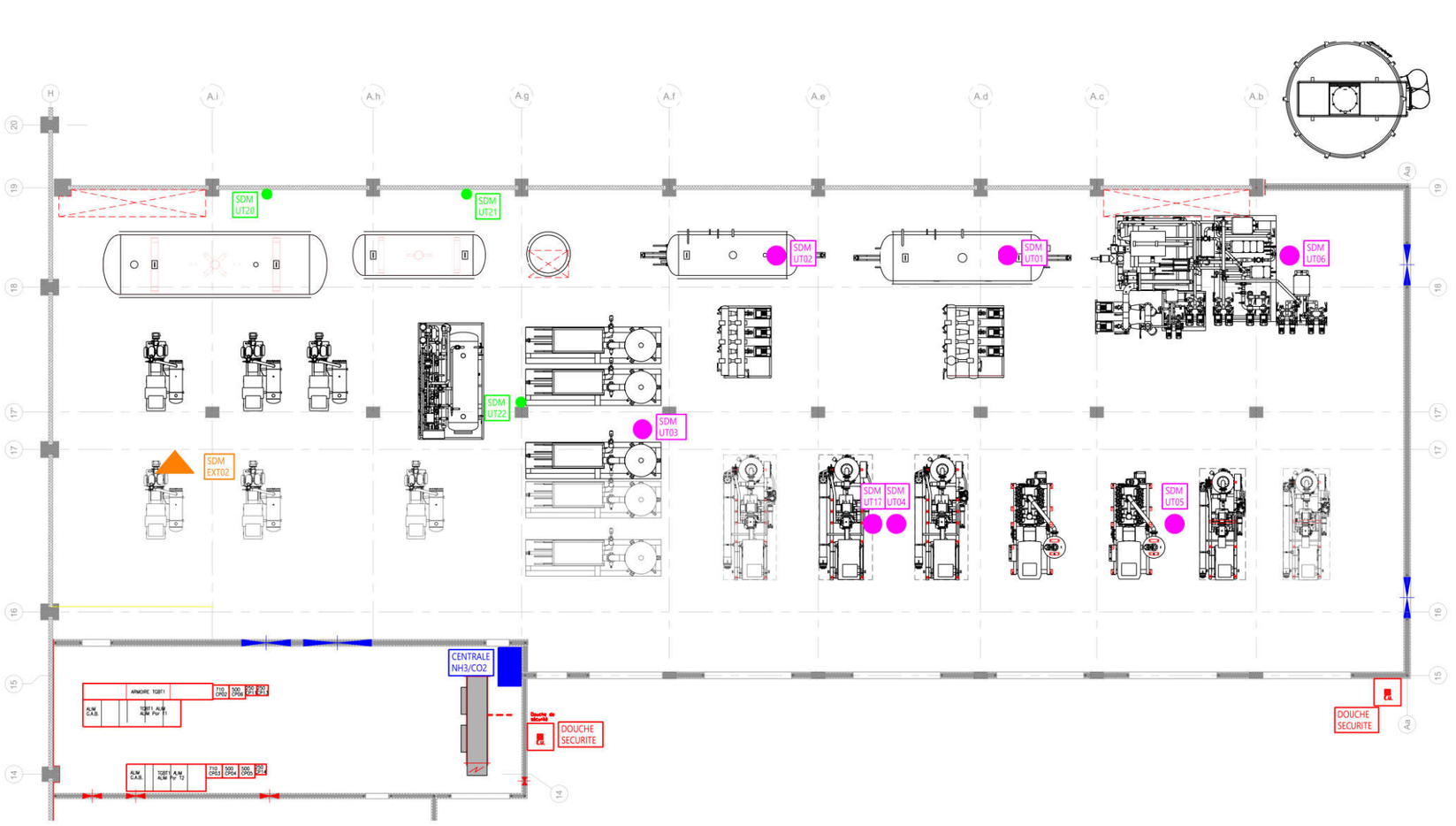
Il n'y a pas de risque de pollution des eaux. A pression atmosphérique le CO2 est à l'état solide (neige carbonique – sublimation lors d'une fuite).

6. Mesure de protection / Limitation vis-à-vis des incendies (Mesure I)

Les mesures de protection sont déjà traitées dans l'étude de dangers ammoniac.

Annexe 3. Plans de localisation des sondes CO2 et NH3





- Sonde NH3
- Extracteur NH3
- Sonde CO2
- Extracteur CO2

Ind	Date	Dess	Vérif	Appro	DESCRIPTION MODIFICATIONS
0	12/05/25	SFA	ALE	FBE	1 ère émission / First edition

Matal SAS se réserve le droit d'apporter, sans préavis, toutes modifications et améliorations aux plans ou schémas figurant dans ce document

AFFAIRE No PRJ000451
FRIAL FALAISE

ECHELLE : 1/100

FORMAT : A1

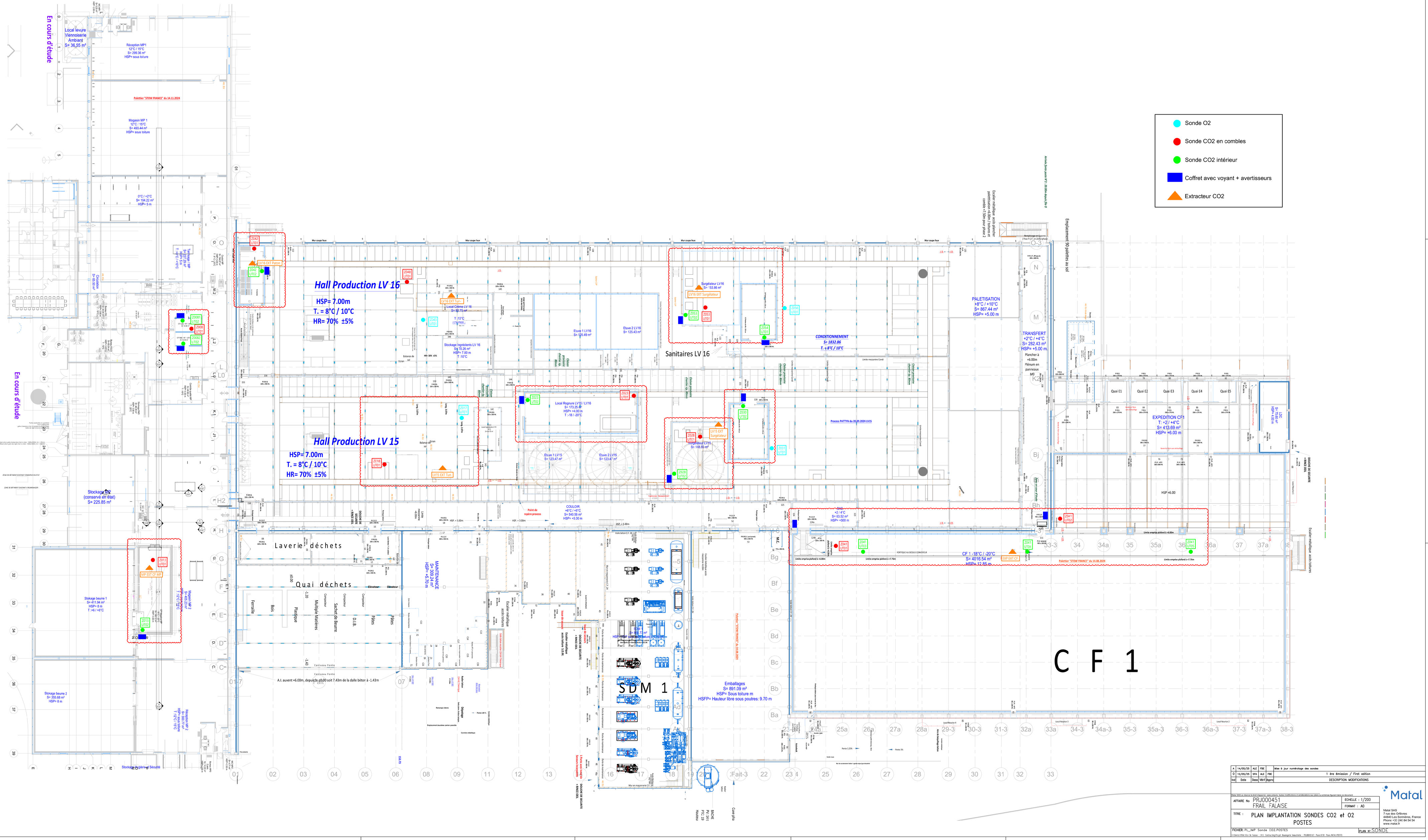
TITRE : PLAN IMPLANTATION SONDES CO2 ET NH3
SDM

FICHIER: PL_IMP Sonde CO2 SDM

PLAN N°:PL_SONDE CO2

V:\Clients\FRIAL\Site De Falaise - 14\1-Contracting\Projet Boulangerie Industrielle - PRJ000451\07-Plans\07.01- Plans MATAL\SDM

Matal SAS
7 rue des Orfèvres
44840 Les Sorinières, France
Phone +33 240 84 54 54
www.matal.fr


Sonde O2
Sonde CO2 en combles
Sonde CO2 intérieur
Coffret avec voyant + avertisseurs
Extracteur CO2
Hall Production LV 16
HSP= 7.00m
T. = 8°C / 10°C
HR= 70% ±5%
Hall Production LV 15
HSP= 7.00m
T. = 8°C / 10°C
HR= 70% ±5%
Sanitaires LV 16
PALETISATION
+8°C / +10°C
S= 867.44 m²
HSP= +5.00 m
TRANSFERT
+2°C / +4°C
S= 252.43 m²
HSP= +5.00 m
EXPEDITION CF1
T: +2/ +4°C
S= 413.69 m²
HSP= +6.00 m
CF 1 -18°C / -20°C
S= 4016.54 m²
HSP= 12.85 m
Laverie déchets
Quai déchets
MAINTENANCE
S= 592.24 m²
HSP= +7.70 m
COULOIR
+8°C / +4°C
S= 540.50 m²
HSP= +5.00 m
SAS
+2 / +8°C
S= 33.62 m²
HSP= +500 m
Emballages
S= 891.09 m²
HSP= Sous toiture m
HSFP= Hauteur libre sous poutres: 9.70 m
SDM 1
C F 1
En cours d'étude
En cours d'étude
Stockage 02
(conservé en état)
S= 225.85 m²
Stockage beurre 1
S= 411.84 m²
HSP= 8 m
T. =6 / +8°C
Stockage beurre 2
S= 365.68 m²
HSP= 8 m
Réception MP 1
12°C / 15°C
S= 299.35 m²
HSP= sous toiture
Réception MP 2
12°C / 15°C
S= 165.54 m²
HSP= sous toiture
Stockage beurre 3 Sécurité
Local levure Viennoiserie Ambiant
S= 36,95 m²
Réception MP1
12°C / 15°C
S= 299.35 m²
HSP= sous toiture
Palettier "STOW FRANCE" du 14.11.2024
Magasin MP 1
12°C / 15°C
S= 165.54 m²
HSP= sous toiture
0°C / +2°C
S= 194.22 m²
HSP= 5 m
Tampon MP
T. =8°C / 10°C
S= 69.80 m²
HSP= 5 m
Stockage MP
T. =8°C / 10°C
S= 69.80 m²
HSP= 5 m
Local Régisseur LV16 / LV15
S= 173.25 m²
HSP= +4.00 m
T. =8 / -20°C
Local Cibleme LV 16
S= 89.75 m²
T. =10°C
(T3 7500)
Stockage Ingrédients LV 16
S= 70.26 m²
HSP= 7.00 m
T. =10°C
Surgélateur LV16
S= 153.86 m²
Surgélateur LV15
S= 148.80 m²
Elevé 1 LV16
S= 125.49 m²
Elevé 2 LV16
S= 125.43 m²
Elevé 1 LV15
S= 125.47 m²
Elevé 2 LV15
S= 123.47 m²
Process PATTYN du 30.09.2024 LV15
Process PATTYN du 30.09.2024 LV16
Ecolair métallique acier plancher perforation +4.00m / horizontal combi +1.50m pour palette 2
Emplacement 50 palettes sur sol
Quai E1
Quai E2
Quai E3
Quai E4
Quai E5
Quai E6
Quai E7
Quai E8
Quai E9
Quai E10
Quai E11
Quai E12
Quai E13
Quai E14
Quai E15
Quai E16
Quai E17
Quai E18
Quai E19
Quai E20
Quai

Annexe 4. Rapports Flumilog

FLUM*ilog*

Interface graphique v.5.6.1.0

Outil de calculV5.61

Flux Thermiques
Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	**BB**
Société :	**GES**
Nom du Projet :	**CF_FRIAL_30_10_merlons_38m**
Cellule :	**Chambre froide 1511**
Commentaire :	**cible 3,8 m**
Création du fichier de données d'entrée :	**30/10/2023 à15:47:08avec l'interface graphique v. 5.6.1.0**
Date de création du fichier de résultats :	**30/10/23**

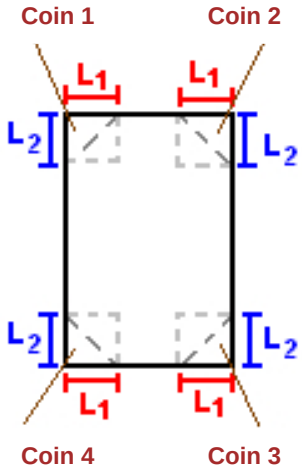
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

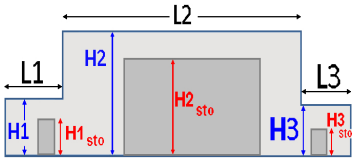
Hauteur de la cible : 3,8 m

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :Chambre froide			
Longueur maximum de la cellule (m)	34,5		
Largeur maximum de la cellule (m)	96,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)	14,2		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0



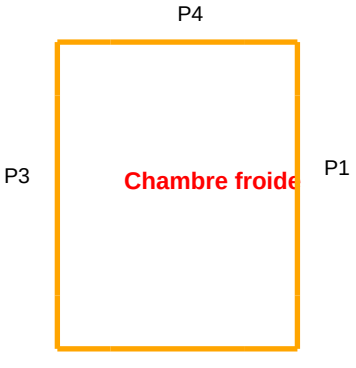
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

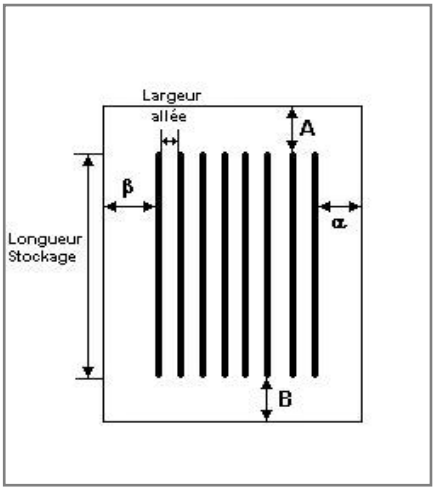
Résistance au feu des poutres (min)	120
Résistance au feu des pannes (min)	120
Matériaux constituant la couverture	metallique multicouches
Nombre d'exutoires	11
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Parois de la cellule : Chambre froide



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Poteau beton	Poteau beton	Poteau beton	Poteau beton
Nombre de Portes de quais	0	0	0	0
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	0,0
Hauteur des portes (m)	4,0	0,0	0,0	0,0
	Un seul type de paroi	*Un seul type de paroi*	*Un seul type de paroi*	*Un seul type de paroi*
Matériau	Panneaux sandwich-laine de roche	Panneaux sandwich-laine de roche	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	120	120
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	15
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	120	15
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	120	15

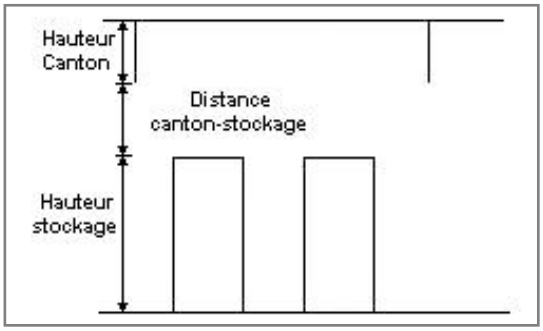
Stockage de la cellule : Chambre froide



Nombre de niveaux	5	
Mode de stockage	Rack	

Dimensions

Longueur de stockage	25,5	m
Déport latéral a	1,5	m
Déport latéral b	0,5	m
Longueur de préparation A	7,8	m
Longueur de préparation B	1,2	m
Hauteur maximum de stockage	11,2	m
Hauteur du canton	1,8	m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	1,2	m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1	
Nombre de double racks	30	
Largeur d'un double rack	2,4	m
Nombre de racks simples	2	
Largeur d'un rack simple	1,2	m
Largeur des allées entre les racks	0,6	m

Palette type de la cellule Chambre froide

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Nom de la palette :	Palette type 1511

Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

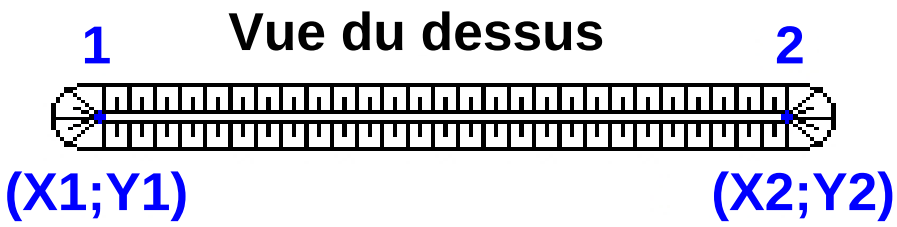
Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : 45,0 **min**

Puissance dégagée par la palette : Adaptée aux dimensions de la palette

Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 1511 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1300,0 kW

Merlons



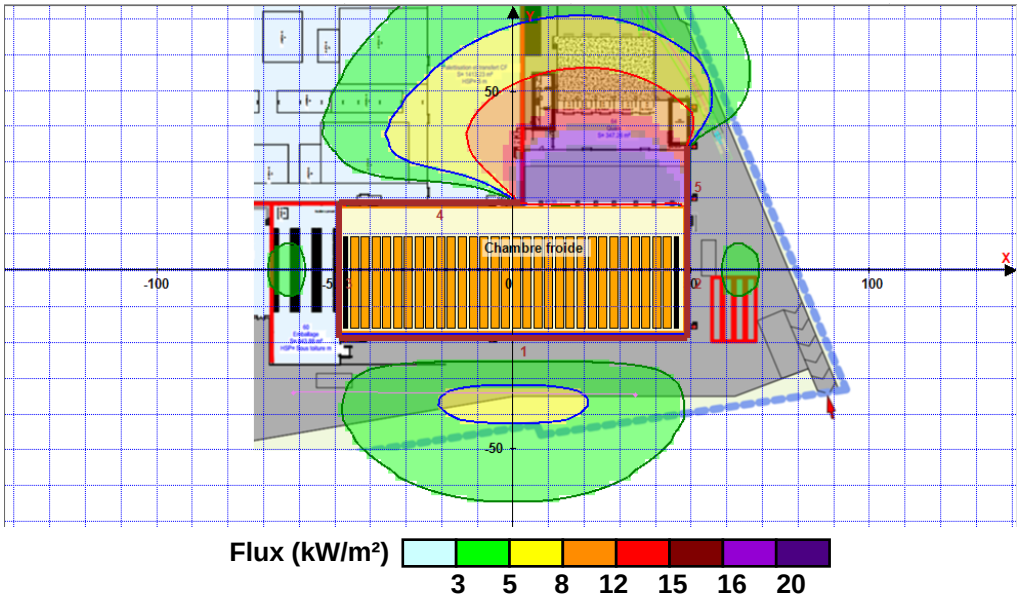
		Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
Merlon n°	Hauteur (m)	X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	16,9	-49,0	-19,0	49,0	-19,0
2	16,9	49,0	-19,0	49,0	19,0
3	16,9	-49,0	-19,0	-49,0	19,0
4	16,5	-49,0	19,0	2,0	19,0
5	10,6	49,0	19,0	49,0	34,7
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Chambre froide**

Durée de l'incendie dans la cellule : Chambre froide **110,0** **min**

Distance d'effets des flux maximum



Flux (kW/m²) 3 5 8 12 15 16 20

Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme,le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUM*ilog*

Interface graphique v.5.6.1.0

Outil de calculV5.61

Flux Thermiques
Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	**BB**
Société :	**GES**
Nom du Projet :	**CF_FRIAL_30_10_merlons_44m**
Cellule :	**Chambre froide 1511**
Commentaire :	**cible 4,4 m**
Création du fichier de données d'entrée :	**30/10/2023 à16:57:23avec l'interface graphique v. 5.6.1.0**
Date de création du fichier de résultats :	**30/10/23**

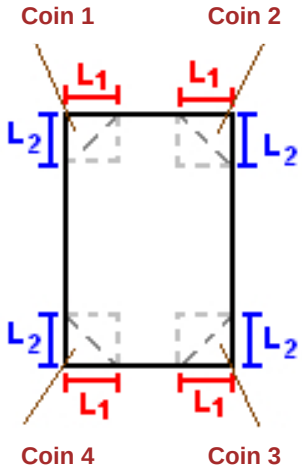
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

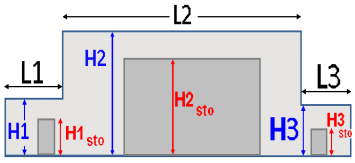
Hauteur de la cible : 4,4 m

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :Chambre froide			
Longueur maximum de la cellule (m)	34,5		
Largeur maximum de la cellule (m)	96,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)	14,2		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0



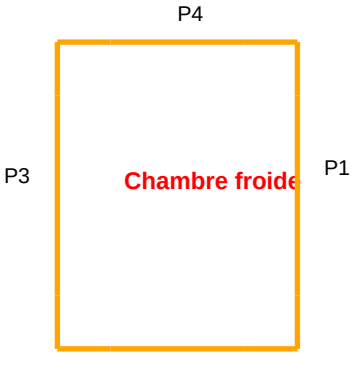
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

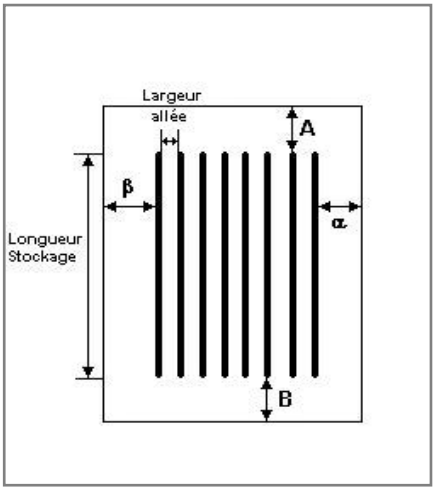
Résistance au feu des poutres (min)	120
Résistance au feu des pannes (min)	120
Matériaux constituant la couverture	metallique multicouches
Nombre d'exutoires	11
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Parois de la cellule : Chambre froide



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Poteau beton	Poteau beton	Poteau beton	Poteau beton
Nombre de Portes de quais	0	0	0	0
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	0,0
Hauteur des portes (m)	4,0	0,0	0,0	0,0
	Un seul type de paroi	*Un seul type de paroi*	*Un seul type de paroi*	*Un seul type de paroi*
Matériau	Panneaux sandwich-laine de roche	Panneaux sandwich-laine de roche	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	120	120
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	15
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	120	15
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	120	15

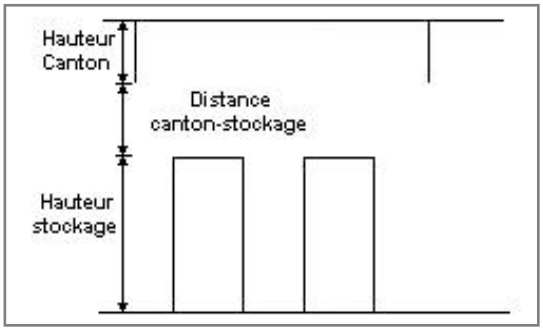
Stockage de la cellule : Chambre froide



Nombre de niveaux	**5**	
Mode de stockage	**Rack**	

Dimensions

Longueur de stockage	**25,5**	**m**
Déport latéral a	**1,5**	**m**
Déport latéral b	**0,5**	**m**
Longueur de préparation A	**7,8**	**m**
Longueur de préparation B	**1,2**	**m**
Hauteur maximum de stockage	**11,2**	**m**
Hauteur du canton	**1,8**	**m**
Ecart entre le haut du stockage et le canton	**1,2**	**m**



Stockage en rack

Sens du stockage	**dans le sens de la paroi 1**	
Nombre de double racks	**30**	
Largeur d'un double rack	**2,4**	**m**
Nombre de racks simples	**2**	
Largeur d'un rack simple	**1,2**	**m**
Largeur des allées entre les racks	**0,6**	**m**

Palette type de la cellule Chambre froide

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	**Adaptée aux dimensions de la palette**
Largeur de la palette :	**Adaptée aux dimensions de la palette**
Hauteur de la palette :	**Adaptée aux dimensions de la palette**
Volume de la palette :	**Adaptée aux dimensions de la palette**

Nom de la palette : **Palette type 1511** **Poids total de la palette :** **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

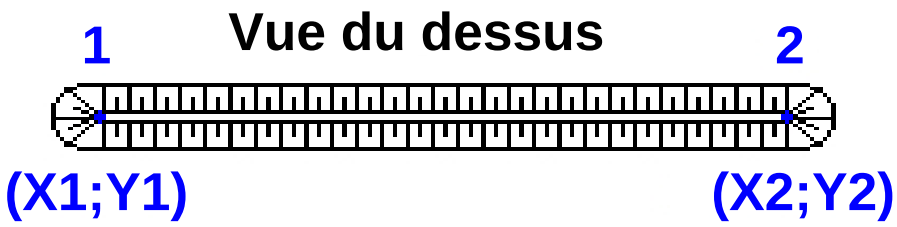
Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **45,0** **min**

Puissance dégagée par la palette : **Adaptée aux dimensions de la palette**

Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 1511 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1300,0 kW

Merlons



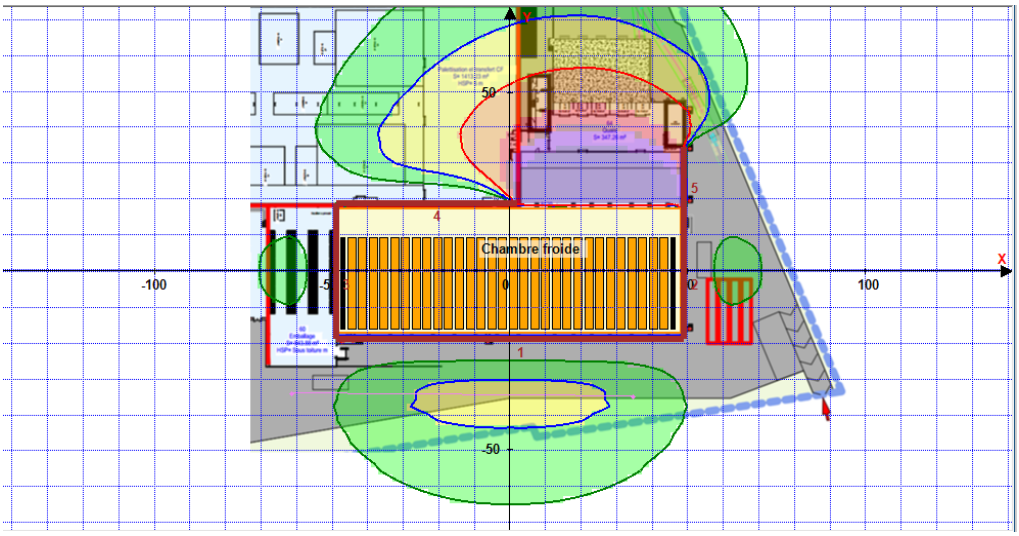
		Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
Merlon n°	Hauteur (m)	X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	16,9	-49,0	-19,0	49,0	-19,0
2	16,9	49,0	-19,0	49,0	19,0
3	16,9	-49,0	-19,0	-49,0	19,0
4	16,5	-49,0	19,0	2,0	19,0
5	10,6	49,0	19,0	49,0	34,7
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Chambre froide**

Durée de l'incendie dans la cellule : Chambre froide **110,0** **min**

Distance d'effets des flux maximum



Flux (kW/m²) 3 5 8 12 15 16 20

Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme,le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUM*ilog*

Interface graphique v.5.6.1.0

Outil de calculV6.0.3

Flux Thermiques
Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	**BB**
Société :	**GES**
Nom du Projet :	**Auvent_masse_palettes_BB**
Cellule :	
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	**02/05/2025 à11:08:32avec l'interface graphique v. 5.6.1.0**
Date de création du fichier de résultats :	**2/5/25**

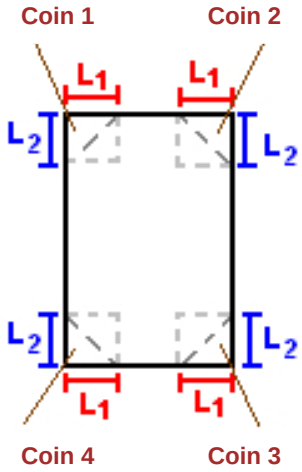
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

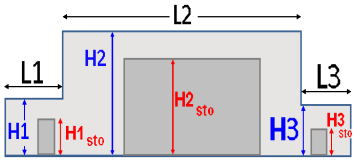
Hauteur de la cible : 1,8 m

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :Cellule n°1			
Longueur maximum de la cellule (m)	63,0		
Largeur maximum de la cellule (m)	10,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)	6,9		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0



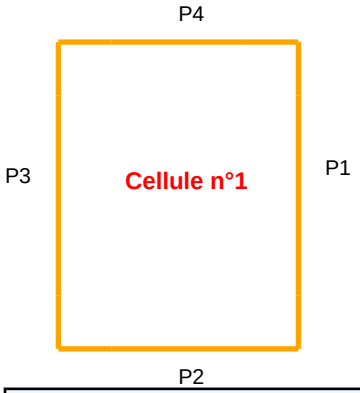
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

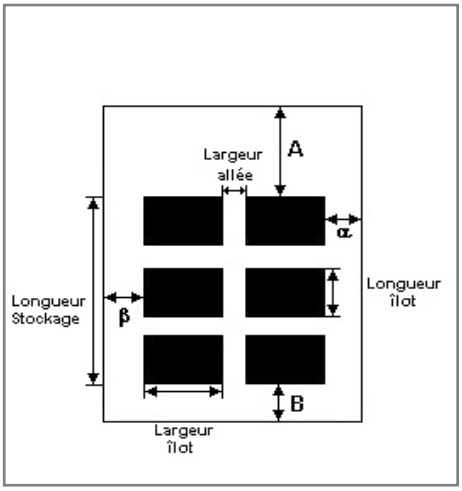
Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallique simple peau
Nombre d'exutoires	0
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Parois de la cellule : Cellule n°1



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Poteau Acier	Poteau Acier	Portique Acier	Poteau Acier
Nombre de Portes de quais	0	0	0	0
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	0,0
Hauteur des portes (m)	4,0	0,0	0,0	0,0
	Un seul type de paroi	*Un seul type de paroi*	*Un seul type de paroi*	*Un seul type de paroi*
Matériau	bardage simple peau	bardage simple peau	Beton Arme/Cellulaire	bardage simple peau
R(i) : Résistance Structure(min)	1	1	1	1
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	1	1	1	1
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	1	1	1	1
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	1	1	1	1

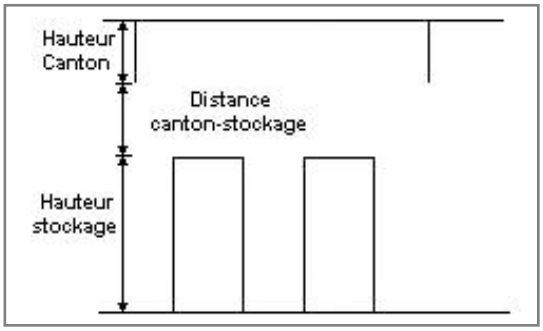
Stockage de la cellule : Cellule n°1



Mode de stockage : Masse

Dimensions

Longueur de préparation A	1,5	m
Longueur de préparation B	3,5	m
Déport latéral a	5,0	m
Déport latéral b	0,0	m
Hauteur du canton	0,0	m



Stockage en masse

Nombre d'îlots dans le sens de la longueur	2	
Nombre d'îlots dans le sens de la largeur	1	
Largeur des îlots	5,0	m
Longueur des îlots	28,0	m
Hauteur des îlots	2,2	m
Largeur des allées entre îlots	2,0	m

Palette type de la cellule Cellule n°1

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	1,2	m
Largeur de la palette :	0,8	m
Hauteur de la palette :	1,1	m
Volume de la palette :	1,1	m^3

Nom de la palette : Palettes

Poids total de la palette : 150,0 kg

Composition de la Palette (Masse en kg)

Palette Bois	NC	NC	NC	NC	NC	NC
150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

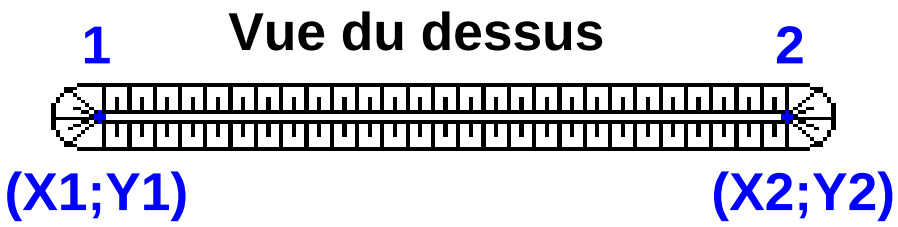
NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	29,1	min
Puissance dégagée par la palette :	1547,7	kW

Merlons



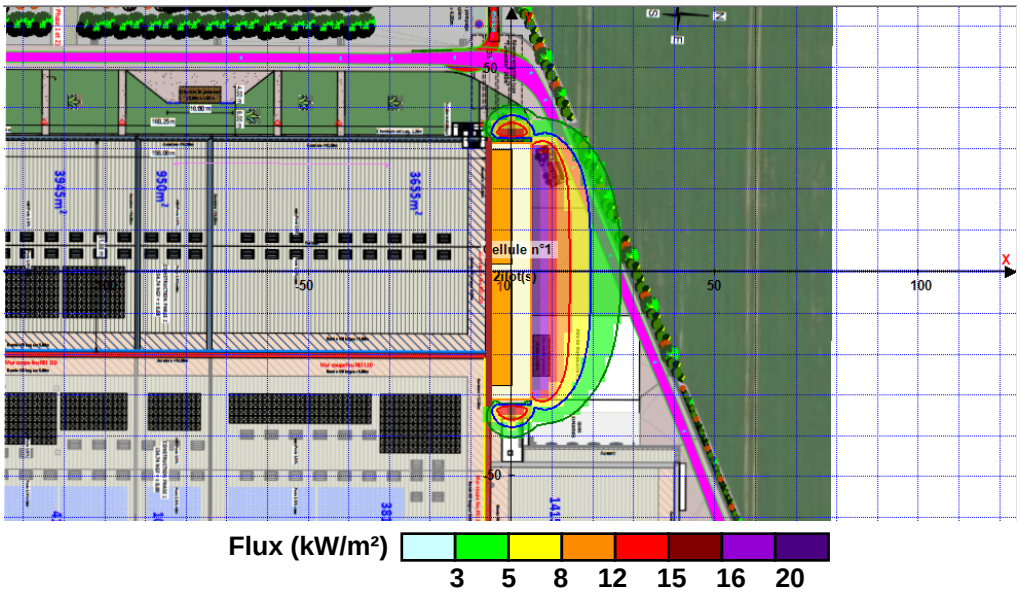
		Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
Merlon n°	Hauteur (m)	X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	12,5	-5,5	32,0	-5,5	-33,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Cellule n°1**

Durée de l'incendie dans la cellule : Cellule n°1 **68,0** **min**

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme,le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

Annexe 5. Note de calcul explosion des silos de farine

BRIDOR à FALAISE (14)

Explosion du silo de farine (60 tonnes)

Nature du produit explosible	Farine Blé
KST	139
Pmax	9

Caractéristiques des silos

Disposition contructive

Nature du tube	Métallique
Nature du toit	Métallique

Dimension du silo

Hauteur du silo	13,7 m
Hauteur du toit par rapport au sol	18,2 m
Diamètre du silo	3,30 m
Volume du silo	100 m3

Caractéristiques de l'installation vis-à-vis de l'explosion

Pression de rupture du toit	350 mbars
Pression de rupture du tube	350 mbars

Event (O/N)	O
Surface d'évents	2,39 m²
Predmax	900 mbars
Pression d'éclatement de l'évent	100 mbars

Détermination de l'énergie de l'explosion de poussière - Formule de Brode

E = 3*V*(Pex-Patmosphérique)

E : Energie en Joule
V : volume de la cellule de stockage en m³
Pex : Pression absolue de l'explosion
Pex-Patmosphérique : Pression relative de l'explosion en Pa

Dans une approche dimensionnante, on retiendra comme pression relative Pex – Patm de l'explosion :
· dans le cas d'une explosion **primaire** :
Si le volume est correctement éventé : Pex - Patm = Predmax (la pression d'explosion réduite) utilisée pour calculer la surface d'évent).
Si le volume est non éventé : Pex - Patm = 2 * Prupture (où Prupture est la pression statique de rupture de l'enceinte).

E=	27000000	J
E1/3=	300	

Détermination des zones d'effets d'une explosion primaire (en m)

	Toit	**Distance paroi au sol**	**Distance centre au sol**
Distance d'effet 300 mbar	8,4	Non Atteint	Non Atteint
Distance d'effet 200 mbar	9,6	Non Atteint	Non Atteint
Distance d'effet 140 mbar	15,0	Non Atteint	Non Atteint
Distance d'effet 50 mbar	**33,0**	**27,5**	29,2
Distance d'effet 20 mbar	**66,0**	**63,4**	65,1