

SEAFRIGO Guadeloupe

# Dossier descriptif des installations frigorifiques utilisant l'ammoniac (NH<sub>3</sub> ou R717) comme fluide frigorigène – Avec Analyse Méthodique des Risques (AMR)

Atlantic Refrigeration Consulting

Frédéric LE BRONNEC  
27/10/2023

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## Table des matières

<b>Glossaire</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Introduction et contexte de l'étude</b> .....	<b>6</b>
1.1. Introduction .....	6
1.2. Contexte .....	7
1.3. Particularités .....	8
<b>2. Description de l'environnement de l'établissement</b> .....	<b>9</b>
2.1. Localisation du site .....	9
2.2. Description de l'environnement de l'installation.....	9
2.2.1. Environnement humain .....	9
2.3. Environnement naturel.....	11
2.3.1. Contexte climatique.....	11
2.3.2. Risques naturels .....	11
2.3.3. Faune et flore.....	11
2.4. Environnement matériel.....	12
2.4.1. Voies de communication.....	12
<b>3. Description de l'établissement</b> .....	<b>13</b>
3.1. Présentation de l'entreprise .....	13
3.2. Principales productions et activités.....	13
3.3. Organisation de l'établissement.....	13
<b>4. Résumé non technique et cartographies des effets</b> .....	<b>14</b>
4.1. Résumé non technique.....	14
4.2. Description des installations de réfrigération .....	16
4.2.1. Schéma de principe .....	16
4.3. Tableau de synthèse des mesures de prévention.....	17
4.4. Résultat de l'analyse des risques – Liste ERC Modélisés.....	18
4.5. Résumé des résultats .....	19
4.6. Conclusions.....	21
4.7. Cartographies des effets .....	22
<b>5. Description des installations de réfrigération</b> .....	<b>23</b>
5.1. Généralités.....	23
5.2. Installations utilisant l'ammoniac .....	23
5.3. Implantation des installations.....	24
5.4. Equipements constituant le système.....	25
5.4.1. Généralités.....	25
5.4.2. Schéma de principe .....	25

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

5.4.3.	Rôles et caractéristiques des équipements.....	26
5.5.	Autres données de fonctionnement.....	31
5.5.1.	Rechargement d'ammoniac .....	31
5.5.2.	Débits d'ammoniac dans le circuit HP et BP .....	31
5.6.	Listes des bonnes pratiques et des mesures de sécurité en prévention .....	32
5.6.1.	Bonnes pratiques de prévention.....	32
5.6.2.	Mesures de sécurité en prévention .....	33
5.6.3.	Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la fuite toxique.....	35
5.6.4.	Mesures de protection / limitation vis-à-vis de l'explosion .....	37
5.6.5.	Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la pollution .....	37
5.6.6.	Système de régulation et de contrôle .....	38
5.6.7.	Tableau de synthèse des mesures de prévention .....	39
5.7.	Les locaux et zones d'implantation.....	43
5.7.1.	Groupe carrossé – SDM.....	43
5.7.2.	Plateforme de condensation .....	44
1.1.1.	Chambre froide.....	44
1.1.2.	Galeries et/ou galeries techniques.....	44
<b>6.</b>	<b>Potentiels de dangers.....</b>	<b>45</b>
6.1.	Potentiels de dangers liés aux produits.....	45
6.1.1.	Les risques liés à l'ammoniac.....	45
6.1.2.	Autres produits .....	47
6.2.	Potentiels de dangers liés au procédé .....	47
6.3.	Cartographie des potentiels de dangers.....	48
6.4.	Justification des potentiels de dangers .....	48
<b>7.</b>	<b>Retour d'expérience.....</b>	<b>49</b>
7.1.	Analyse générale de l'accidentologie.....	49
<b>8.</b>	<b>Analyses préliminaires des risques.....</b>	<b>50</b>
8.1.	Causes externes .....	50
8.1.1.	Causes exclues de l'analyse de risques.....	50
8.1.2.	Causes génériques d'origine naturelle .....	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
<b>9.</b>	<b>Caractérisation de l'intensité des phénomènes dangereux .....</b>	<b>54</b>
9.1.	Sélection des phénomènes dangereux à modéliser.....	54
9.2.	Principales hypothèses de modélisation .....	56

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

9.3.	Intensité des phénomènes dangereux.....	56
9.3.1.	Seuils d'effets sur l'homme.....	56
9.3.2.	Environnement.....	57
9.3.3.	Présentation des résultats pour le système ammoniac.....	58
<b>10.</b>	<b>Caractérisation de la gravité des accidents potentiels.....</b>	<b>59</b>
10.1.	Grille d'évaluation de la gravité.....	59
10.2.	Comptage des personnes pour évaluation de la gravité .....	59
<b>11.</b>	<b>Caractérisations des probabilités d'occurrence .....</b>	<b>60</b>
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	
<b>12.</b>	<b>Caractérisation de la cinétique des évènements .....</b>	<b>67</b>
<b>13.</b>	<b>Effets dominos .....</b>	<b>67</b>
13.1.	Effets dominos issus de la réfrigération à l'ammoniac.....	67
13.2.	Effets dominos issus d'autres installations.....	67
<b>14.</b>	<b>Bilan des phénomènes dangereux et des accidents majeurs .....</b>	<b>68</b>
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
<b>15.</b>	<b>Références.....</b>	<b>74</b>
<b>16.</b>	<b>Liste des annexes .....</b>	<b>75</b>
	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 : synthèse et exemples d'accidents caractéristiques.....	75
	Annexe 5 : Tableaux d'analyse préliminaire des risques (APR) .....	75
	Annexe 6 : Bonnes pratiques et mesures de sécurité : Rappel des exigences des textes réglementaires et de la norme NF EN 378.....	75
	Annexe 7 : Evaluation des mesures de maîtrise des risques : Tableau de synthèse des évaluations.....	75

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport	des Risques (AMR)	Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

Annexe 8 : Caractérisation de l'intensité – version PHAST 8.22 (Modèle intégral) .....	75
Annexe 9 : Analyse détaillés des risques (ADR) - Arbres d'évènements génériques.....	75
Annexe 10 : Répartition de charge d'ammoniac .....	75
Annexe 11 : Schéma de principe frigorifique .....	75
Annexe 12 : Principe de ventilation – Extraction de sécurité SDM .....	75
Annexe 13 : Répartition des zones à risques liés à l'ammoniac .....	75
Annexe 14 : Etude d'implantation de la détection NH3 .....	75

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 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 analyse méthodique des risques a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par SEAFRIGO pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques de son installation de réfrigération située sur la commune de Les Abymes, dans le département de la Guadeloupe.

Ce système comportera dans sa situation finale **1 440 kg d'ammoniac**, pour une utilisation en centrale pour la distribution directe d'ammoniac et le refroidissement de l'eau glycolée MEG 30%.

N° de rubrique	Désignation	A, E, D, S, C, SO (*)	Raison
<b>4735 1-a</b>	<b>Emploi de l'ammoniac</b> : La quantité susceptible d'être présente dans l'installation étant <b>supérieure ou égale à 1 500 kg</b> .	<b>SO</b>	
<b>4735 1-b</b>	<b>Emploi de l'ammoniac</b> : La quantité susceptible d'être présente dans l'installation étant <b>supérieure ou égale à 150 kg, mais inférieure à 1 500 kg</b> .	<b>DC</b>	<b>Quantité prévue = 1 440 kg</b>
<b>2921-1</b>	<b>Refroidissement évaporatif par dispersion d'eau dans un flux d'air généré par ventilation mécanique ou naturelle (installation de)</b> : La puissance thermique évacuée étant <b>supérieure ou égale à 3 000 kW</b> .	<b>SO</b>	<i>Refroidisseur à air ou adiabatique à médias humidifiés (pas de dispersion d'eau)</i>
<b>2921-2</b>	<b>Refroidissement évaporatif par dispersion d'eau dans un flux d'air généré par ventilation mécanique ou naturelle (installation de)</b> : La puissance thermique évacuée étant <b>inférieure à 3 000 kW</b> .	<b>SO</b>	<i>Refroidisseur à air ou adiabatique à médias humidifiés (pas de dispersion d'eau)</i>

- A** Autorisation.
- E** Enregistrement.
- DC** 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.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport	des Risques (AMR)	Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 1.2. Contexte

Les objectifs et le contenu de cette analyse de risques sont définis dans la partie du code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L512-1, l'analyse de risques expose les dangers 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 classées soumises à autorisation (et à déclaration pour confirmer la maîtrise des risques).

**L'installation de SEAFRIGO sera soumise à déclaration, du fait de la limite de site de 17 m de la SDM (30 du point de rejet), SEAFRIGO a réalisé une étude (Analyse Méthodique des Risques) qui reprends en partie la méthodologie d'une étude de dangers pour confirmer la maîtrise des risques.**

**Le choix de l'utilisation de l'ammoniac a été décidé pour répondre à l'élimination des réfrigérants existant sur le site (existant). Ces réfrigérants sont concernés par la F-Gas qui au niveau européen demande une réduction des gaz à effet de serre.**

**L'ammoniac est un fluide naturel et représente une solution pérenne pour SEAFRIGO.**



Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

### 1.3. Particularités

Cette installation doit répondre à l'Arrêté du 29 mai 2015, dont les points principaux suivants liés au système frigorifique sont :

#### Extrait de l'Arrêté du 19 novembre 2009, modifié par l'Arrêté du 29 mai 2015.

##### **2.1.2. Prescriptions spécifiques à l'emploi de l'ammoniac (installations de réfrigération)**

L'installation est implantée de façon à ce que les murs extérieurs de la salle des machines (telle que définie au point 2.4.2 de la présente annexe) soient situés à une distance :

- **d'au moins 10 mètres des limites « du site »** lorsque les trois conditions suivantes sont respectées :
  - tous les équipements de production du froid, dont le condenseur, sont localisés dans une salle des machines. Les éléments de distribution sont situés à l'intérieur des bâtiments, ou, lorsque c'est physiquement impossible ou économiquement disproportionné, protégés par un capotage ;
  - chaque capacité accumulatrice à haute pression du circuit contient une masse d'ammoniac limitée à 50 kilogrammes ;
  - la hauteur du point de rejet de l'extraction mécanique d'urgence de la salle des machines est au minimum égale à 7 mètres (à partir du sol).

- **d'au moins 15 mètres des limites « du site »** lorsque les quatre conditions suivantes sont respectées :
  - les équipements de production du froid, à l'exception du condenseur, sont localisés dans une salle des machines. Les éléments de distribution sont situés à l'intérieur des bâtiments, ou, lorsque c'est physiquement impossible ou économiquement disproportionné, protégés par un capotage ;
  - chaque capacité accumulatrice à haute pression du circuit contient une masse d'ammoniac limitée à 50 kilogrammes ;
  - les tuyauteries en entrée et en sortie du condenseur sont protégées par un capotage, équipé d'une détection conformément aux prescriptions spécifiques aux installations de réfrigération du point 4.3.1 de la présente annexe.

Le volume délimité par le capotage communique avec la salle des machines par une ouverture. La surface libre de cette ouverture est au moins égale à 20 % de l'aire délimitée par l'emprise du capotage sur la salle des machines ;

- la hauteur du point de rejet de l'extraction mécanique d'urgence est au minimum égale à 10 mètres (à partir du sol) ;

- **d'au moins 50 mètres « des limites du site » dans les autres cas.**

En outre, tout autre élément de l'installation contenant de l'ammoniac est situé à une distance minimale de 10 mètres des limites « du site ».

#### **Points particuliers :**

Ici la salle des machines, que mentionne l'arrêté, est limitée à l'espace de confinement.

La position de la SDM respecte la distance d'au moins 15 (17) m des limites du site (30 m par rapport au point de rejet extracteur de sécurité), et l'analyse de risques qui suit montre la maîtrise des risques dans la position actuelle, de plus la cheminée d'extraction est portée à 18 m de hauteur.

## 2. Description de l'environnement de l'établissement

### 2.1. Localisation du site

L'installation de réfrigération de SEAFRIGO est localisée sur la commune Les Abymes, dans le département de la Guadeloupe (971), en région Outre-Mer.

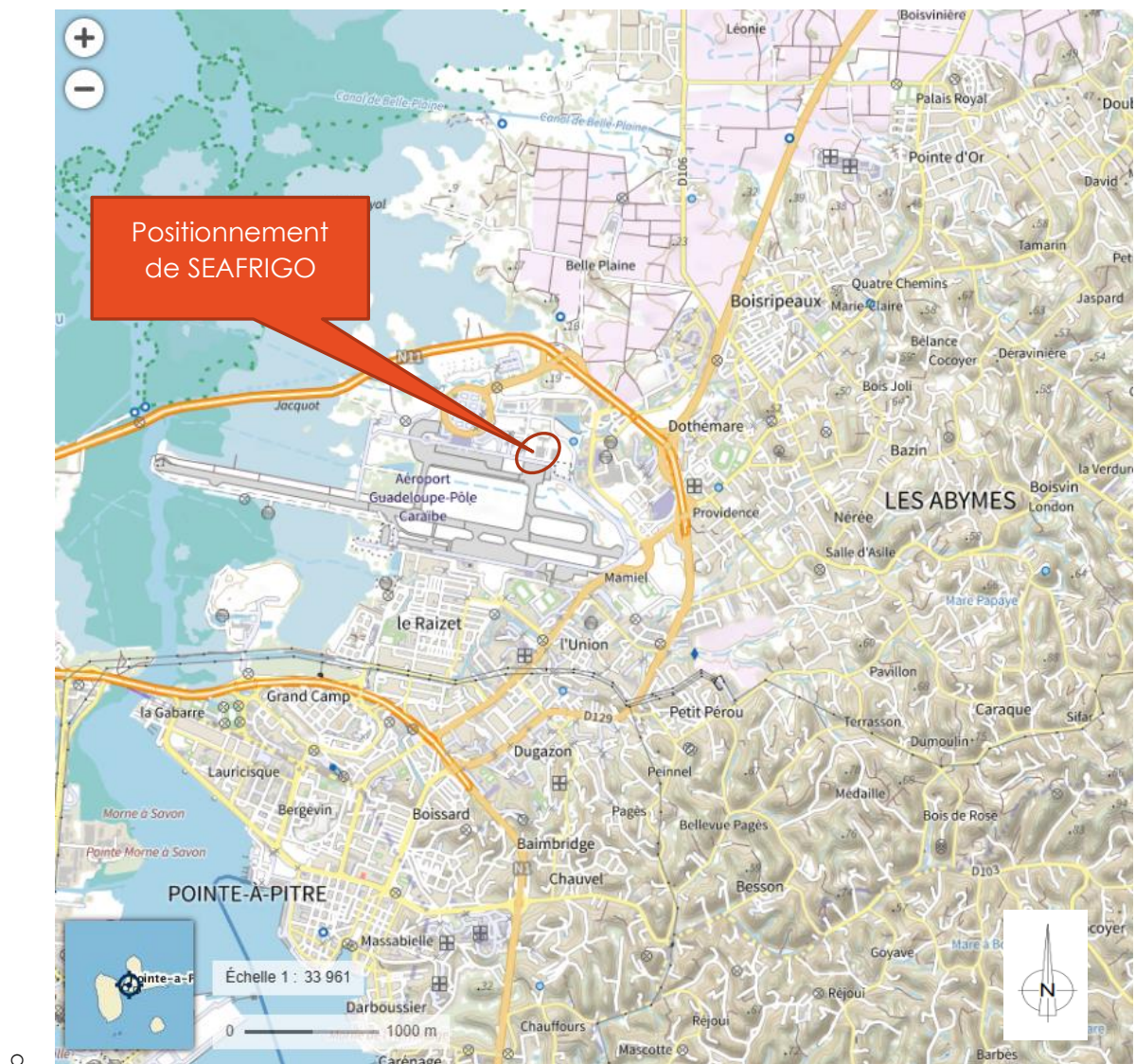
### 2.2. Description de l'environnement de l'installation

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels).

#### 2.2.1. Environnement humain

##### 2.2.1.1. Zones urbanisées

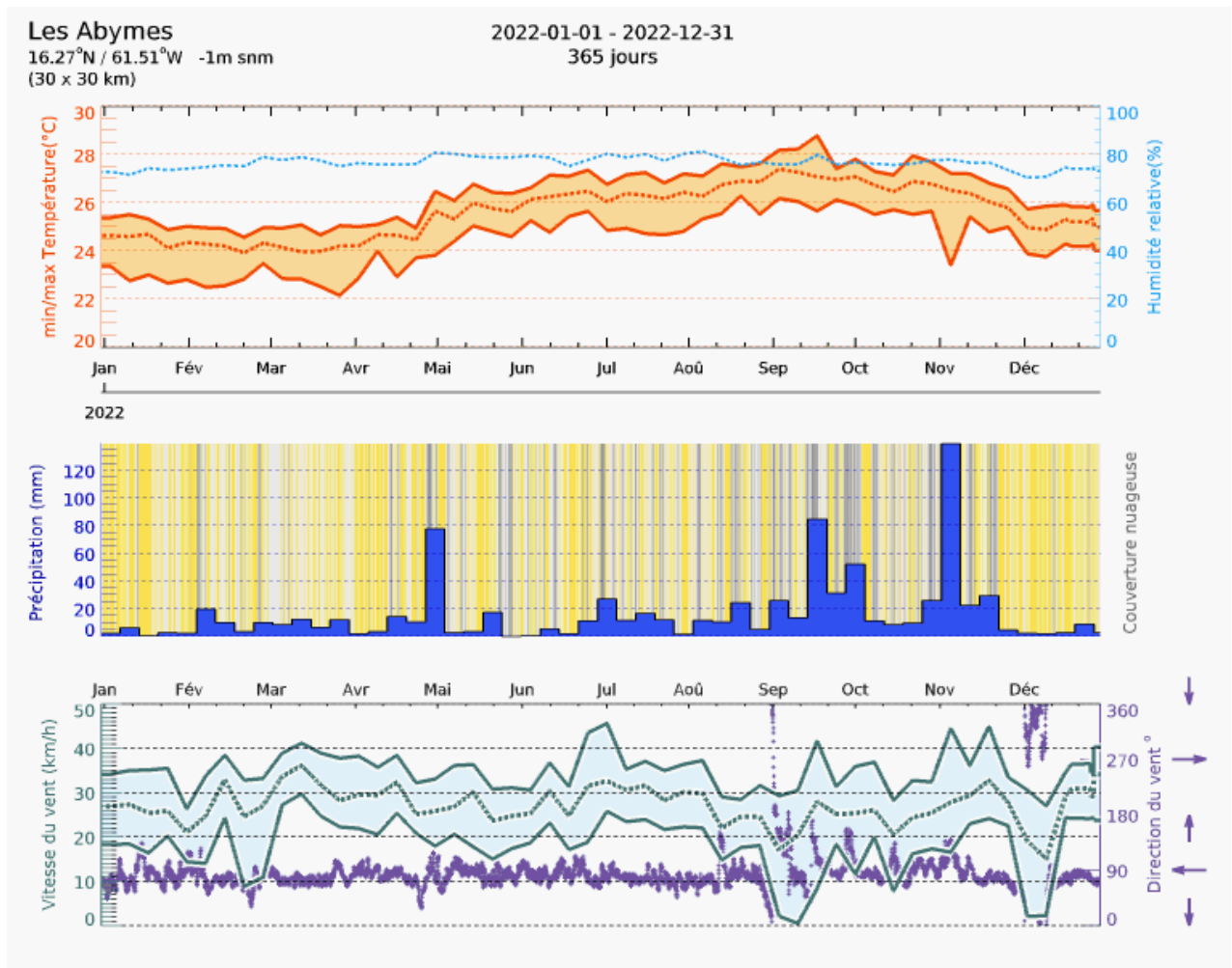
- o Le site se trouve sur la commune Les Abymes ;





## 2.3. Environnement naturel

### 2.3.1. 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.

### 2.3.2. Risques naturels

L'installation d'ammoniac est installée hors zone inondable identifiée dans le PPRI.

### 2.3.3. Faune et flore

L'analyse de risques a vérifié les zones naturelles protégées (ZNIEFF, ZICO...) sur le site internet Géoportail (<http://www.geoportail.gouv.fr/accueil>).

Il a été relevé que les sites d'espaces naturels protégés sont hors zone d'effet.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport	des Risques (AMR)	Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 2.4. Environnement matériel

### 2.4.1. Voies de communication

L'analyse de risques identifie l'ensemble des réseaux de communication présents dans les limites de la zone d'étude :

- Les transports routiers sont la N11 à 500 m (hors zone d'effets).
- Pas de voies de chemin de fer à proximité.
- Transport fluvial potentiel à plus de 2 km (hors zone d'effets).
- Transport aérien 120 m des pistes (aéroport de Pointe-à-Pitre – Le Razet).

*Les distances sont données par rapport au point d'extraction du ventilateur de sécurité d'air ammoniacé (où se trouve l'ammoniac, voir plan ci-avant).*

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport	des Risques (AMR)	Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 3. Description de l'établissement

---

### 3.1. Présentation de l'entreprise

<b>Raison sociale</b>	SEAFRIGO
<b>Forme juridique</b>	SAS
<b>Adresse</b>	Aéroport de Pointe-à-Pitre – Les Abymes

La Société SEAFRIGO exploite une unité de fabrication de boissons rafraichissantes.

### 3.2. Principales productions et activités

La société SEAFRIGO exploite actuellement, pour les besoins de son activité une unité de stockage. Pour des raisons de mise en conformité (F-Gas II) et de projet d'extension, la société a décidé un remplacement une partie des installations existantes par une nouvelle installation à l'ammoniac (GWP = 0) pour répondre aux nouveaux besoins.

Dans cette installation, l'exploitant disposera d'une installation frigorifique de **capacité totale de 1440 kg d'ammoniac**.

### 3.3. Organisation de l'établissement

Voir dossier ICPE global.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 4. Résumé non technique et cartographies des effets

### 4.1. Résumé non technique

#### o Introduction

Le présent dossier constitue une Analyse Méthodique des Risques (suivant la trame d'une étude de dangers) de l'installation de réfrigération de **SEAFRIGO** situé sur la commune Les Abymes (971).

L'installation est soumise à **Déclaration** au titre de la rubrique **4735-2 de la nomenclature des ICPE** :

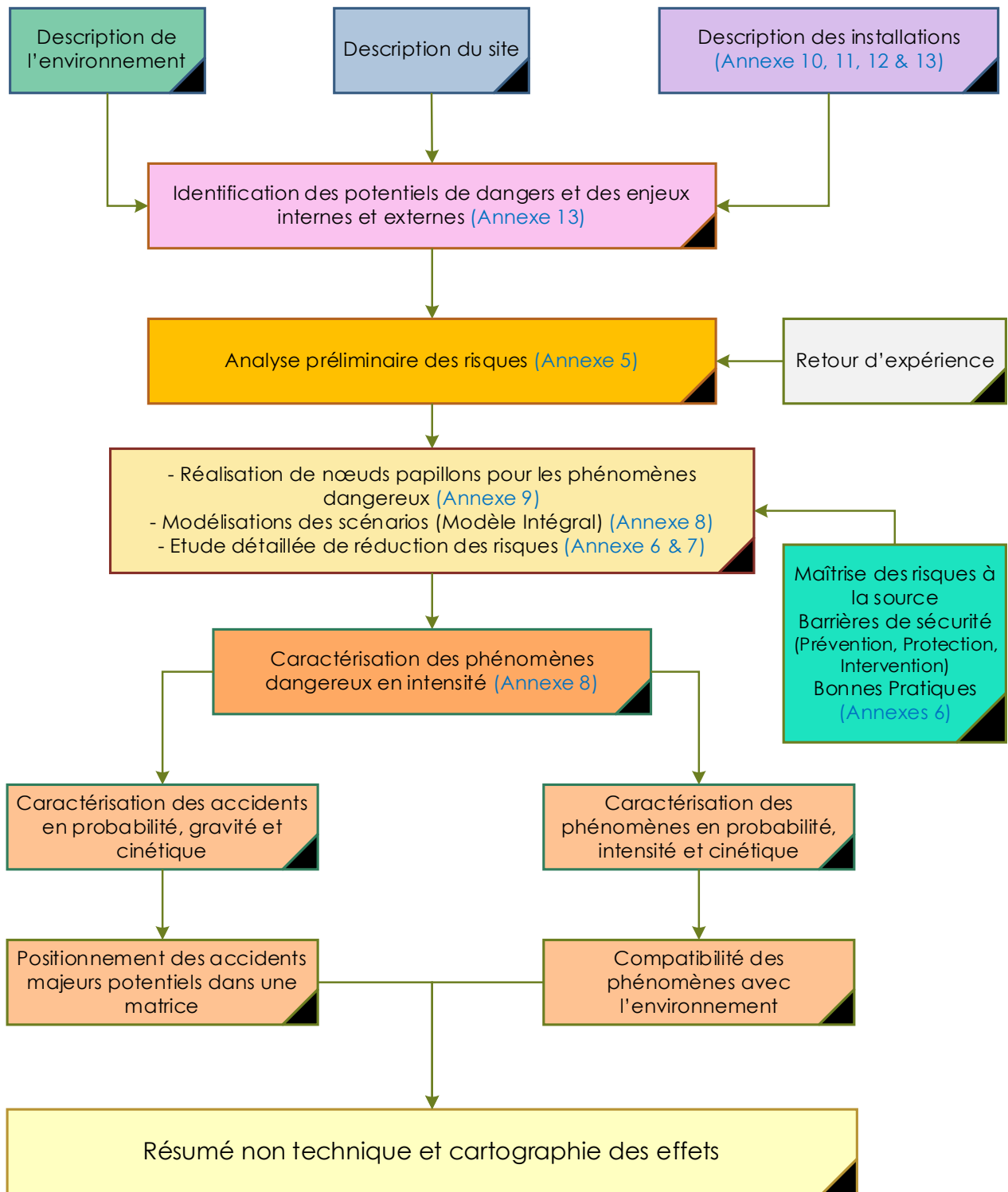
- Capacité totale en ammoniac est **1 440 kg**.

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

- o Dossier ICPE (installation de moins de 1 500 kg d'ammoniac) et répondant en conformité à l'arrêté du 19 novembre 2009 et norme EN 378 parties 1, 2, 3 et 4 ;
- **La démarche**

L'Analyse Méthodique des Risques 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
- ☒ **Annexe 12** - Principe de ventilation
- ☒ **Annexe 13** - Répartition des zones à risques liés à l'ammoniac
- ☒ **Annexe 14** - Etude préalable détection NH3





## 4.2. Description des installations de réfrigération

L'installations sera répartie en une production centralisée avec une distribution d'ammoniac directe pour les postes de stockage < 0°C (Répartition sur deux installations).

Le système contiendra **1 440 kg d'NH3 dans la situation future**.

Le tableau suivant synthétise l'emplacements des équipements en fonctions des zones.

Zones	INTERIEUR			EXTERIEUR
	SDM	Confinement condenseur	Galerie technique	Terrasse
Condenseur	Non	Non	Non	X 2
Compresseur MP	X 3	Non	Non	Non
Compresseur BP	X 3			
Séparateur de liquide MP	X 1	Non	Non	Non
Echangeur à plaques	X 1			
Séparateur de liquide BP	X 1	Non	Non	Non
Station de pompes NH3	X 2	Non	Non	Non
Bouteillon de récupération d'huile	X 1	Non	Non	Non
Tuyauteries	Oui	Oui	Non	Non
Vannes et accessoires	Oui	Oui	Non	Non
Soupapes de sécurités	Oui	Oui	Non	Non

L'installation de SEAFRIGO est une production suivant la **méthode** :

- **Indirecte** pour le refroidissement de l'eau glycolée (MEG).
- **Directe** pour la distribution pour les postes négatifs.

### 4.2.1. Schéma de principe

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

☒ L'**annexe 11** – Voir schéma de principe (fluide frigorigène).

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'AMR.

### 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 19 novembre 2009 demande que l'installation soit conforme aux normes en vigueur (article 5) et que le seuil de déclenchement de la détection ammoniac soit conforme aux normes en vigueur.**

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

#### 4.4. Résultat de l'analyse des risques – Liste ERC Modélisés

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

PhD	Désignations
10	Rupture d'un tube entre compresseurs et les condenseurs dans l'édicule (au niveau d'une vanne ou accessoire) = Perte de confinement <b>vapeur HP</b> à l'intérieur. <a href="#">Voir scénario 11 similaire et majorant avec liquide HP</a>
11	Rupture d'un tube à la sortie du condenseur dans l'édicule (au niveau d'une vanne ou accessoire) = Perte de confinement <b>liquide HP</b> à l'intérieur. <a href="#">Scénario Majorant, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8</a>
12	Rupture d'un tube en dessous de la bouteille BP – Installation en fonctionnement = Perte de confinement <b>liquide BP</b> à l'intérieur. <a href="#">Voir scénario 13 similaire et majorant avec pression plus importante</a>
13	Rupture d'une canalisation en dessous de la bouteille BP – Installation à l'arrêt (à l'arrêt avec une <u>élévation de la pression</u> ) <u>avec limitation du rejet par la mise en place de vannes de sécurité</u> = Perte de confinement <b>liquide BP</b> à l'intérieur. <a href="#">Scénario Majorant, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8</a>
14	Rupture d'un tube à l'intérieur du condenseur en extérieur = Perte de confinement <b>liquide HP</b> en extérieur. <a href="#">Scénario tube extérieur voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8</a>
15	<u>Effet domino</u> : Cas d'un incendie en SDM. Relâchement des soupapes de sécurité = Décharge des soupapes <b>vapeur HP</b> (collecteur) à l'atmosphère. <a href="#">Scénario cas incendie, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8</a>
16	Rupture d'une canalisation sur la station de vannes la plus importante (Surgélateur) en comble usine = Perte de confinement <b>liquide BP</b> à l'intérieur. <a href="#">Scénario Majorant dans les combles, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8</a>
17	Rupture d'une canalisation sur une station de vannes de la CF en toiture = Perte de confinement vapeur HP en extérieur = Perte de confinement vapeur HP en extérieur. <a href="#">Scénario Majorant en extérieur, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8</a>

- ☒ **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

- o Rappel des résultats suivant les scénarii étudiés après mise en œuvre des mesures de prévention et de maîtrise 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 <b>immédiat</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + <b>coupure des énergies</b> et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. <b>Hauteur de rejet = 18 m</b>	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 <b>immédiat</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + <b>coupure des énergies</b> et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. <b>Hauteur de rejet = 18 m</b>	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 <b>immédiat</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + <b>coupure des énergies</b> et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. <b>Hauteur de rejet = 18 m</b> <b>Fermeture des vannes de sectionnement à sécurité positive</b>	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 <b>immédiat</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + <b>coupure des énergies</b> et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. <b>Hauteur de rejet = 18 m</b> <b>Fermeture des vannes de sectionnement à sécurité positive</b>	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 <b>immédiat</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + <b>Avertissement fuite extérieure.</b>  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.  <b>Un périmètre de sécurité incendie serait également mis en place.</b> <b>Intervention des secours.</b>	Modéré
16	Rejet d'ammoniac par une canalisation de liquide BP en intérieur (Surgélateur)	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détecteurs d'ammoniac au niveau des stations de vannes pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement des stations de vannes et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.  Arrêt des pompes ammoniac + vannes de sécurité	Modéré
17	Rejet d'ammoniac par une canalisation de gaz chaud HP en extérieur (CF)	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détecteurs d'ammoniac au niveau des stations de vannes pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement des stations de vannes et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.  Arrêt des dégivrages en cours + fermeture vanne de sécurité départ gaz chaud	Modéré

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport	des Risques (AMR)	Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 4.6. Conclusions

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).

Les résultats des dispersions des ERC sont présentées dans l'annexe 8 (voir les coupes des nuages de dispersions).

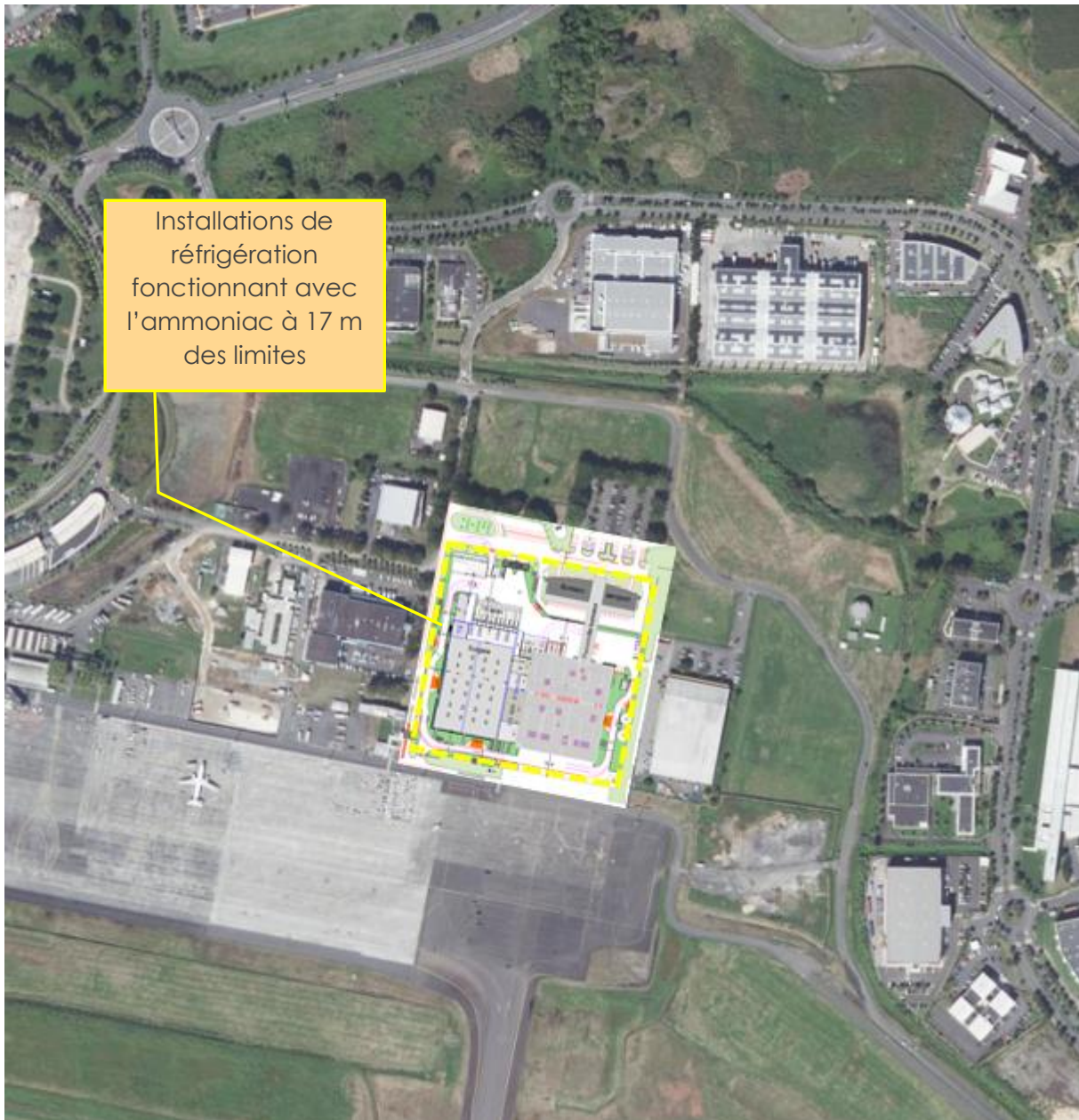
Avec la mise en place des Mesures de Maitrises de Risques expliquées dans la présente EDD et l'étude des modélisations de scénarii, il n'y a pas phénomènes pouvant conduire à des accidents majeurs, c'est-à-dire pouvant avoir potentiellement des effets à l'extérieur du site sur des enjeux (en prenant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

### **Points particuliers à respecter à la suite de l'étude :**

- Le point de rejet de la cheminée sera à 18 m de hauteur.
- Le débit de l'extracteur de sécurité sera de 6 400 m<sup>3</sup>/h.
- Mise en place de vannes de sectionnement à sécurité positive sous la bouteille BP afin de limiter la dispersion d'ammoniac en cas de fuite majeur.
- Mise en place d'une vanne de sectionnement sur le départ gaz chaud pour limiter la dispersion vapeur HP en cas de fuite sur une station de vannes (Surgélateur).

**En conclusion, il faut retenir qu'il n'y a pas effet sur l'environnement et les personnes dans la situation actuel.** Les enjeux sont hors zone d'effets par rapport aux hauteurs et distances des différentes configuration du nuage dans les conditions existantes du site (Hauteurs et distance de rejet).

## 4.7. Cartographies des effets



### Pas d'effet au sol hors des limites de propriété (hauteur des enjeux).

- ☒ L'**annexe 12** apporte des détails sur le principe de ventilation de la salle des machines.
- ☒ L'**annexe 13** apporte une carte localisant les potentiels de dangers (utilisateurs, groupe, points de rejet, cheminement des tuyauteries vers les utilisateurs...).
- ☒ **Annexe 8** – Résultats Scénarii SEAFRIGO - version PHAST 8.22 (Modèle intégral), modélisation de la perte de confinement dans la SDM où se trouve l'installation de réfrigération fonctionnant à l'ammoniac.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 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 frigorigère, 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 frigorigère,
- ❖ Globalement, des coûts de revient d'une installation 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 frigorigère (égale ou supérieure à 100 kW en froid).

☒ L'**Annexe 1** rappelle le principe de fonctionnement des installations. L'ammoniac, utilisé comme fluide frigorigère, est confiné en permanence à l'intérieur des circuits de l'installation frigorigère dont l'ensemble peut être classé en fonction du référentiel guide retour d'expérience SEI/BARPI EDO 389 de février 1995 (voir **Annexe 1**).



### 5.3. Implantation des installations

L'installation de réfrigération de SEAFRIGO se répartira sur les zones suivantes :

Le système contiendra **1 440 kg d'NH3 dans la situation future**.

Le tableau suivant synthétise l'emplacements des équipements en fonctions des zones.

Zones	INTERIEUR			EXTERIEUR
	SDM	Confinement condenseur	Galerie technique	Terrasse
Condenseur	Non	Non	Non	X 2
Compresseur MP	X 3	Non	Non	Non
Compresseur BP	X 3			
Séparateur de liquide MP	X 1	Non	Non	Non
Echangeur à plaques	X 1			
Séparateur de liquide BP	X 1	Non	Non	Non
Station de pompes NH3	X 2	Non	Non	Non
Bouteillon de récupération d'huile	X 1	Non	Non	Non
Tuyauteries	Oui	Oui	Non	Non
Vannes et accessoires	Oui	Oui	Non	Non
Soupapes de sécurités	Oui	Oui	Non	Non

L'installation de SEAFRIGO est une production suivant la **méthode** :

- **Indirecte** pour le refroidissement de l'eau glycolée (MEG).
- **Directe** pour la distribution pour les postes négatifs.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 5.4. Equipements constituant le système

### 5.4.1. Généralités

Ce système contiendra au total **1 440 kg d'NH<sub>3</sub>**, et destiné :

- Pour la production d'eau glycolée MEG froid pour le refroidissement des postes utilisateurs en indirecte.
- Pour le refroidissement postes négatifs via une distribution d'ammoniac en direct (par pompes).

**A l'intérieur de la salle des machines SDM** se trouve la centrale frigorifique assurant la production de froid avec entre autres comme matériel confinant l'ammoniac :

- 3 x **compresseurs à vis** en MP -10°C avec séparateurs d'huile,
- 3 x **compresseurs à vis** en BP -30°C avec séparateurs d'huile,
- 1 x **condenseurs à plaques** utilisé en mode récupération d'énergie MEG chaud,
- 1 x **séparateur de NH<sub>3</sub> liquide MP -10°C** moyenne température,
- 1 x **Echangeurs à plaques sous la MP** utilisé la production de MPG froid,
- 1 x **séparateur de NH<sub>3</sub> liquide BP -30°C** basse température,
- 2 x **pompes de recirculation NH<sub>3</sub> sous la BP** dont 1 en secours,
- 1 x pots de soutirage d'huile sous la bouteille BP,
- Un système de détection de fuite d'ammoniac + un extracteur de sécurité.

**A l'extérieur de la salle des machines** se trouvent :

- 2 x **condenseurs à air**, dont les connexions NH<sub>3</sub> sont abritées dans l'édicule.
- 1 x **ensemble d'évaporateur** pour les postes négatifs fonctionnant sur la BP -30°C.
- L'ensemble des canalisations ammoniac abritées en combles ou rack technique fermé.
- Les **armoires électriques** de puissance et régulation.
- Un système de détection de fuite d'ammoniac + des extracteurs de sécurité.

### 5.4.2. Schéma de principe

☒ 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.

### 5.4.3. Rôles et caractéristiques des équipements

#### 5.4.3.1. Compresseurs MP

Rôle : Assurer la production frigorifique nécessaire au fonctionnement des aéroréfrigérants des postes à température positive.

Fonctionnement : L'étage MP de chaque compresseur aspire, dans la bouteille MOYENNE PRESSION et refoule dans les condenseurs à air et condenseur à plaques.

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	CP1	CP2	CP3
Compresseur	MP	MP	MP
Marque	BITZER	BITZER	BITZER
Type	A vis	A vis	A vis
Modèle	OSKA9583-K	OSKA9583-K	OSKA9583-K
Régime de service	-10/+35°C	-10/+35°C	-10/+35°C
Puissance frigorifique unitaire Q <sub>o</sub>	<b>689 kW</b>	<b>689 kW</b>	<b>689 kW</b>
Puissance absorbée sur l'arbre Q <sub>a</sub>	105 kW	105 kW	105 kW
Refroidissement d'huile	66 kW	66 kW	66 kW
Moteur électrique	180 kW	180 kW	180 kW
Equipements annexes	Séparateur d'huile, circuit d'huile, filtre à huile, filtre d'aspiration.	Séparateur d'huile, circuit d'huile, filtre à huile, filtre d'aspiration.	Séparateur d'huile, circuit d'huile, filtre à huile, filtre d'aspiration.

### 5.4.3.2. Compresseurs BP

Rôle : Assurer la production frigorifique nécessaire au fonctionnement des évaporateurs des postes à température négative (Stockages et surgélateurs).

Fonctionnement : L'étage BP de chaque compresseur aspire, dans la bouteille BASSE PRESSION et refoule dans la bouteille MOYENNE PRESSION.

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	CP4	CP5	CP6
Compresseur	BP	BP	BP
Marque	BITZER	BITZER	BITZER
Type	A vis	A vis	A vis
Modèle	OSKA9583-K	OSKA9583-K	OSKA9583-K
Régime de service	-30/-10°C	-30/-10°C	-30/-10°C
Puissance frigorifique unitaire Q <sub>o</sub>	<b>343 kW</b>	<b>343 kW</b>	<b>343 kW</b>
Puissance absorbée sur l'arbre Q <sub>a</sub>	40 kW	40 kW	40 kW
Refroidissement d'huile	0 kW	0 kW	0 kW
Moteur électrique	75 kW	75 kW	75 kW
Equipements annexes	Séparateur d'huile, circuit d'huile, filtre à huile, filtre d'aspiration.	Séparateur d'huile, circuit d'huile, filtre à huile, filtre d'aspiration.	Séparateur d'huile, circuit d'huile, filtre à huile, filtre d'aspiration.

#### 5.4.3.3. Condenseurs à air

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

Caractéristiques unitaires :

Condenseur	COND1 et 2
Constructeur	JACIR
Modèle	ONYX M8 E09 D3
Température Condensation	+35°C
Bulbe humide	+22°C
Puissance Réjection NH3	850 kW
Puissance réjection huile	130 kW
Quantité d'ammoniac	<b>60 kg</b>
PS (tarage soupapes de sécurité)	20 bars

Équipements :

- Régulation pressostatique de la pression HP par transmetteur de pression HP (AKS33) avec action sur les motos ventilateurs.
  - Protection des bassins par thermoplongeurs antigel thermostatés.
  - Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.
- Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.

#### 5.4.3.4. Condenseurs à plaques – récupération de chaleur

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

Caractéristiques unitaires :

Condenseur	COND3
Constructeur	THERMOWAVE
Type	A plaques
Modèle	TL0250 TDGL-500
Température Condensation	+35°C
Régime d'eau	+20/+30 °C
Puissance Réjection	400 kW
Quantité d'ammoniac	<b>3 kg</b>

Équipements :

- Vannes d'isolement E/S.
- Régulateur à flotteur WITT en sortie.
- Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.

#### 5.4.3.5. Séparateur de liquide MP (ou bouteille MP)

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 MP, afin de permettre aux compresseurs de n'aspirer que des vapeurs sèches par la MP.

Caractéristiques	Unités	
Diamètre de virole	mm	1 300
Longueur de virole	mm	3 000
Volume à vide	litres	4 560
Capacité d'ammoniac en fonctionnement normal	kg	<b>327</b>
Pression de tarage soupapes	bars	14
Pression d'épreuve	bars	14

#### 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.
- La bouteille MP est également équipée de vannes manuelles d'isolement.
- Régulation de la pression par transmetteur de pression AKS33.
- Protection contre les basses pressions par pressostat de sécurité MP (au niveau de chaque compresseurs).
- Pompe HERMETIC PUMPEN

#### 5.4.3.6. Echangeur à plaques – production MPG 35% froid

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 :

Condenseur	Echangeur 1 et 2
Constructeur	ALFA LAVAL
Type	A plaques
Modèle	MK15-BWFGR
Température d'évaporation	-10°C
Régime MPG 35%	-7/-3 °C
Puissance frigorifique	560 kW
Quantité d'ammoniac	<b>31 kg</b>
PS design pressure	16 bars

#### Equipements :

- Vannes d'isolement E/S.
- Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.

#### 5.4.3.7. Séparateur de liquide Basse Pression (ou bouteille BP)

Rôle : Assurer la séparation entre la phase liquide et la phase vapeur de l'ammoniac, revenant des postes négatifs, à l'intérieur de la capacité formée par la bouteille BP, afin de permettre aux compresseurs de n'aspirer que des vapeurs sèches. Assurer une réserve de liquide NH3 nécessaire à l'alimentation des pompes NH3.

Caractéristiques	Unités		Équipements :
Diamètre de virole	mm	1 100	
Longueur de virole	mm	3 000	
Volume à vide	litres	3 200	
Capacité d'ammoniac en fonctionnement normal	kg	<b>228</b>	
Pression de service	bars	14	
Pression d'épreuve	bars	14	
Pompes de distribution ammoniac		CAM 2-5 8 m <sup>3</sup> /h	

#### 5.4.3.8. 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	Unités		Les bouteille MP et BP sont reliées à un bouteillon de purge d'huile équipé de tous les éléments de sécurité nécessaires :
Diamètre de virole	mm	273	
Longueur de virole	mm	1 500	
Volume à vide	litres	95	
Capacité d'ammoniac en fonctionnement normal	kg	<b>63</b>	
Pression de service	bars	20	
Pression d'épreuve	bars	40	

### 5.4.3.9. Evaporateurs / Utilisateurs

Rôle : Assurer la capacité frigorifique nécessaire pour maintenir ou abaisser la température (en retirant la chaleur par évaporation du liquide), la vapeur produite sera réaspirée vers la SDM.

Désignation utilisateur	Equipement	Volume (litre)	Qte (NH3) (kg)
<b>CF stockage</b>	4 x SF	4 x 230	4 x 94

SF : Evaporateur simple flux

DF : Evaporateur double flux

CTA : Centrale de traitement d'air

☒ 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, purge des incondensables, nettoyage des filtres à huile des compresseurs...) conduisent à des opérations de rechargement d'ammoniac sur les installations.

Le taux de rechargement constaté est noté dans le registre de mouvement des fluides et contrôlé lors de l'audit réglementaire annuel suivant l'Arrêté du 19 novembre 2009 (modifié par l'Arrêté du 29 mai 2015).

### 5.5.2. Débits d'ammoniac dans le circuit HP et BP

#### **Système ammoniac SEAFRIGO :**

Le débit dans la partie HP du système est déterminé par le débit des compresseurs. Ce **débit HP est de 1,27 kg/s**. Le débit dans la partie **BP est égal à 1,51 kg/s**.

☒ L'**annexe 10** donne les informations détaillées pour les calculs des débits masse et répartition de charge du système 1.



Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport	des Risques (AMR)	Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 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, et l'Arrêté du 19 novembre 2009 (modifié par l'Arrêté du 29 mai 2015) demande que l'installation 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 sont 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 existe, précisant les mouvements d'ammoniac.
- Existence de procédures et consignes opératoires (mesure O) :
  - ✓ Procédures de conduite de l'installation incluant les phases spécifiques (purgés 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 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.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 5.6.2. 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 (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.
- 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 est conçu pour éviter les coups de bélier.
- 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 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 (mesure F) :
  - ✓ 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.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

- Prévention de l'échauffement du moteur (mesure E) : 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 (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-évalués 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 SDM 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 SDM ;
  - ✓ Limitation des effets d'un incendie :
    - Détection : les installations (SDM, utilisateurs) 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 ;

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

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

### 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.

☒ L'**annexe 14** précise l'implantation et le nombre des détecteurs gazeux suivant l'étude préalable d'implantation des capteurs.

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

- **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 (1 point de prélèvement dans chaque batterie + un point intérieur central) ;
    - 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.
    - Vannes de sécurité :
      - Sur la bouteille BP (à l'aspiration des pompes)
      - Sur le départ gaz chaud (En SDM)
  - ✓ 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) ;
    - Isolement par fermeture de vannes automatiques entre la salle des machines et les galeries pour le circuit gaz chaud (départ dégivrage) ;
    - Isolement par fermeture de vannes automatiques en fonction de la zone en combles ;
- **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.

- **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 ammoniacé.**

Désignation	Débit	Hauteur de rejet
	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	<i>m</i>
<b>Salle des machines</b>		
SDM	6 400	18
<b>Combles techniques</b>		
Zone stations de vannes	2 500	18

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 équipement du circuit, bouteille BP

Ce débit minimum horaire (en m3/h) doit également être supérieur à 4 fois le volume du local.

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 du local du respect du débit d'extraction qui doit être inférieur à 15 fois le volume du local. Ce qui est respecté.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport	des Risques (AMR)	Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

#### 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 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 les groupes carrossés SDM (détection, ventilation, arrêt des alimentations électriques...) permettent de ne pas classer les SDM 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.

#### 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.

Les SDM est conçue pour faire office de rétention. Ainsi, les SDM sont équipé de bacs 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.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

### 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 l'échangeur combiné BP ;
- Prévention des dépressions sur l'échangeur combiné ;
  - ✓ Transmetteur de pression / Pressostat (pression basse) sur l'échangeur combiné ;
  - ✓ 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 ;
- 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, et l'Arrêté du 19 novembre 2009 (modifié par l'Arrêté du 29 mai 2015) demande que l'installation 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
<b>O</b>	Procédures de conduite et d'exploitation de l'installation
<b>R</b>	Vérifications réglementaires
<b>P</b>	Limitation de la montée en pression
<b>V</b>	Prévention des effets des vibrations
<b>L</b>	Préventions des coups de liquide
<b>B</b>	Prévention des chocs et bris mécaniques
<b>C</b>	Prévention de la corrosion
<b>F</b>	Prévention des fuites sur les organes ou tuyauteries
<b>E</b>	Prévention de l'échauffement excessif du moteur
<b>H</b>	Prévention des erreurs sur interventions
<b>D</b>	Prévention de la dépression
<b>I</b>	Prévention des effets des incendies
<b>T</b>	Prévention vis-à-vis de la fuite toxique
<b>X</b>	Prévention vis-à-vis de l'explosion
<b>P</b>	Prévention vis-à-vis de la pollution
<b>N</b>	Prévention des effets des causes naturelles
<b>A</b>	Prévention des effets des causes externes non naturelles

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

*Note* : Les mesures N et A relatives aux causes externes sont traitées dans les chapitres 7.1.2 et 7.1.3.



<b>MO Mesures opérationnelles et de suivis des installations de réfrigération</b>		
<b>O1</b>	3.1	Formation et exercices des intervenants
<b>O2</b>	3.2	Registre des mouvements de fluides
<b>O3</b>	3.3	Procédure de conduite et d'exploitation
<b>O4</b>	3.3	Procédure pour intervention par point chaud - Permis de feu
<b>O5</b>	3.3	Maîtrise des dysfonctionnements des installations électriques - contrôle Q18 et Q19

<b>MR Mesures réglementaires liées à l'utilisation de l'ammoniac dans les installations de réfrigération</b>		
<b>R1</b>	1	Respecter l'Arrêté du 29 mai 2015
<b>R2</b>	1	Respecter la norme EN 378, et le chapitre 5 de l'EN 378-3 (rendu obligatoire par l'Arrêté du 29 mai 2015, pour information)
<b>R3</b>	1	Respecter la réglementation des ESP (Equipements sous pression)
<b>R4</b>	3.4	Vérification réglementaire annuelle suivant l'Arrêté du 29 mai 2015
<b>R5</b>	3.4	Vérification réglementaire <b>avant</b> la première mise en service
<b>R6</b>	3.4	Contrôle périodique des tuyauteries

<b>MP Mesures pour limitation de la surpression</b>		
<b>P1</b>	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
<b>P2</b>	3.5.2	Pressostat de sécurité haute pression
<b>P3</b>	3.5.3	Soupapes de sécurité sur les ESP
<b>P4</b>	3.5.3	Collecteur soupapes
<b>P5</b>	3.5.3	Indication de l'ouverture des soupapes

<b>MV Mesures de prévention des effets des vibrations</b>		
<b>V1</b>	3.6	Analyse vibratoire à réaliser à la mise en service
<b>V2</b>	3.6	Mesure vibratoire tous les trois ans en comparaison avec l'origine

<b>ML Mesures de prévention des coups de liquide</b>		
<b>L1</b>	3.7	Prévention des coups de liquide en amont des compresseurs
<b>L2</b>	3.7	Prévention des coups de liquide au niveau des tuyauteries - design
<b>L3</b>	3.7	Dégivrage avec phase de vidange avant l'introduction des gaz chaud

<b>MB</b>	<b>Mesure de prévention des chocs et bris mécaniques</b>	
<b>B</b>	3.8	Prévention des chocs et bris mécaniques

<b>MC</b>	<b>Mesures de prévention de la corrosion</b>	
<b>C1</b>	3.9	Utilisation de la bande grasse sur les tuyauteries en acier carbone
<b>C2</b>	3.9	Utilisation de la bande grasse sur les séparateurs de liquides
<b>C3</b>	3.9	Utilisation de bouteillon d'huile en matière inox

<b>MF</b>	<b>Mesures de prévention des fuites sur organes ou tuyauteries</b>	
<b>F1</b>	3.10	Traitement anti-corrosion des organes reliés directement à l'atmosphère
<b>F2</b>	3.10	Prévention des phénomènes de dilatations sur les tuyauteries de grande longueur
<b>F3</b>	3.10	Utilisation de flexibles avec certificat de test de pression (vérification des intervenants)
<b>F4</b>	3.10	Pressostat différentiel sur les pompes ammoniac

<b>MH</b>	<b>Mesures de prévention des erreurs sur intervention</b>	
<b>H1</b>	3.12.1	Repérage des vannes et tuyauteries de l'installation
<b>H2</b>	3.12.1	Plan d'intervention avec procédure associée
<b>H3</b>	3.12.2	Utilisation de vanne à contre poids pour tous les points de purges
<b>H4</b>	3.12.3	Certificat de test de pression pour les flexibles de charge
<b>H5</b>	3.12.3	Le point de charge de l'installation sera muni d'un clapet anti-retour
<b>H6</b>	3.12.3	Procédure de charge d'ammoniac avec analyse des risques

<b>MI</b>	<b>Mesures de prévention des effets des incendies</b>	
<b>I1</b>	3.14	Construction des locaux techniques en "dur" avec mur et plafond coupe-feu
<b>I2</b>	3.14	Utilisation de porte coupe-feu, avec barre anti-panic et avec fermeture automatique
<b>I3</b>	3.14	La SDM ne sera pas utilisée comme lieu de stockage de matières inflammables
<b>I4</b>	3.14	Détection incendie et alarmes dans le SDM
<b>I5</b>	3.14	Détection incendie et alarmes en combles
<b>I6</b>	3.14	Mise en place de système adéquats de lutte contre l'incendie
<b>I7</b>	3.14	Système de désenfumage à commande automatique et manuelle en SDM

<b>MT Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la fuite toxique</b>		
<b>T1</b>	4.1	Utilisation d'un système de détection de fuite
<b>T2</b>	4.2	Etude préalable de l'implantation des détecteurs
<b>T3</b>	4.2	Utilisation de vanne motorisée à sécurité positive sur le départ liquide de la SDM (Annexe A EN 378 pour charge d'ammoniac > 3 000 kg) – Mesure retenue pour limiter la dispersion d'ammoniac
<b>T4</b>	4.3	Système d'arrêt automatique du SDM au 2ème seuil de détection
<b>T5</b>	4.4.1	Actions d'alarmes associées aux détecteurs
<b>T6</b>	4.4.1	Système de surveillance de l'installation avec renvoi d'alarme à distance
<b>T7</b>	4.4.1	Consignes d'intervention en cas d'accident
<b>T8</b>	4.4.2	Arrêt d'urgence intérieur et extérieur SDM
<b>T9</b>	4.4.3	Equipements de protection individuels (EPI) pour le personnel
<b>T10</b>	4.4.4	Utilisation d'une manche à air extérieur visible de jour comme de nuit
<b>T11</b>	4.4.5	Utilisation d'un extracteur de sécurité avec rejet à 10 m
<b>T12</b>	4.4.5	Ventelles dynamiques sur les entrées d'air de la zone confinée
<b>T13</b>	4.4.5	Cheminée d'extraction avec hauteur de point de rejet
<b>T14</b>	4.4.5	Commande de l'extraction d'ammoniac
<b>T15</b>	4.4.5	Alimentation électrique du système de détection indépendante des autres utilisateurs
<b>T16</b>	4.5	Protection mécanique - Edicule condenseur

<b>MX Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de l'explosion</b>		
<b>X1</b>	5	Les mesures prises sur le SDM (détection, ventilation, arrêt des installations électriques répondent à la prévention du risque d'explosion)
<b>X2</b>	5	Installation d'un capteur d'ammoniac explosimétrique

<b>MP Mesures de protection / Limitation vis-à-vis de la pollution</b>		
<b>P1</b>	6	Rétention générale du SDM
<b>P2</b>	6	Rétention des stations de vannes en combles
<b>P3</b>	6	Vanne motorisée sur les rejets commandé par la détection ammoniac
<b>P4</b>	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. Groupe carrossé – SDM

L'installation de réfrigération est implantée dans un groupe carrossé dédié, avec restriction d'accès aux personnes autorisées.

Le groupe carrossé SDM 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 des SDM sont :

Dimensions SDM	
<b>Surface</b>	230,0 (m <sup>2</sup> )
<b>Hauteur</b>	6,20 (m)
<b>Volume</b>	1 426 (m <sup>3</sup> )

**Tableau 2** : Dimensions d'une SDM

La SDM est équipée d'une détection gaz, d'une ventilation mécanique d'urgence (extraction forcée) rejetant en hauteur via une conduite d'extraction.

Le groupe est conforme aux exigences du chapitre 5 de la **norme NF EN 378-3** concernant notamment 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 :

Caractéristiques	
<b>Diamètre gaine d'extraction</b>	500 (mm)
<b>Hauteur du rejet</b>	18 (m)
<b>Rejet</b>	Vertical
<b>Position du rejet</b>	En partie haute de la SDM
<b>Débit d'extraction sécurité ammoniac</b>	6 400 (m <sup>3</sup> /h)
<b>Débit de ventilation normale</b>	A définir par le fournisseur

**Tableau 3** : Caractéristiques de la ventilation

## 5.7.2. Plateforme de condensation

Les condenseurs sont implantés à l'extérieur de la salle des machines en terrasse, ce qui les met 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.

### 1.1.1. Chambre froide

Les utilisateurs seront situés dans des locaux à l'extérieur de la salle des machines. Le système est direct pour la partie négative, l'ammoniac sera présent dans les évaporateurs au niveau des CF négatives.

Pour réduire le risque de fuite, les stations de vannes seront situées dans les galeries ou galeries techniques situées à côté des utilisateurs, des détecteurs de type toximétrique seront présents.

### 1.1.2. Galeries et/ou galeries techniques

Les tuyauteries assurant la liaison entre la salle des machines et les utilisateurs cheminent en toiture. Dans le cas de systèmes directs, l'ammoniac est alors présent dans ces tuyauteries.

Les locaux stations de vannes seront usuellement ventilés pour éviter l'accumulation d'ammoniac et disposent de détecteurs d'ammoniac à proximité des stations de vannes.

Les caractéristiques sont les suivantes :

Désignation	Débit	Hauteur de rejet
	$m^3/h$	$m$
<b>Combles techniques</b>		
Stations de vannes (CF stockage)	2 500	18

**Tableau 4** : Caractéristiques de la ventilation galeries

## 6. Potentiels de dangers

Ce chapitre de l'analyse de risques 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
<b>Formule chimique</b>	NH <sub>3</sub>
<b>Masse molaire</b>	17.03 g
<b>Point de fusion</b>	-77.7 °C
<b>Point d'ébullition</b>	-33.4 °C à 1.013 bar
<b>Masse volumique en phase gazeuse</b>	0.772 kg/m <sup>3</sup> à 0 °C 0.610 kg/m <sup>3</sup> à 20 °C
<b>Masse volumique en phase liquide</b>	634 kg/m <sup>3</sup> à 0 °C 607 kg/m <sup>3</sup> à 20 °C

**Tableau 4** : 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
<b>Seuil des effets létaux significatifs (SELS)</b>	<i>mg/m<sup>3</sup></i>	19623	ND	61183	4387	3593	2543
	<i>ppm</i>	28033	ND	8833	6267	5133	3633
<b>Seuil des premiers effets létaux (SEL)</b>	<i>mg/m<sup>3</sup></i>	17710	10290	5740	4083	3337	2380
	<i>ppm</i>	25300	14700	8200	5833	4767	3400
<b>Seuil des effets irréversibles (SEI)</b>	<i>mg/m<sup>3</sup></i>	1050	700	606	428	350	248
	<i>ppm</i>	1500	1000	866	612	500	354
<b>Seuil des effets réversibles (SER)</b>	<i>mg/m<sup>3</sup></i>	196	140	105	84	77	56
	<i>ppm</i>	280	200	150	120	110	80
<b>Seuil olfactif</b>	<i>ppm</i>	5					

**Tableau 5** : 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 entraîner 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<sup>4</sup>.

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.

<sup>4</sup> 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 SDM.

## 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 obtenue sur la base d'un travail préalable aux analyses de risques. Les événements redoutés sont bien évidemment les pertes de confinement de l'ammoniac.

Équipement	Conditions opératoires	Évènement redouté
<b>Réservoirs, capacités</b>	Phases de stockage, de transfert, de remplissage	Fuite du produit (petite ou massive)
<b>Echangeurs</b>	Phase de fonctionnement	Risque de fuite (petite ou massive)
<b>Tuyauteries</b>	Phase de fonctionnement	Risque de fuite (petite ou massive)
<b>Compresseurs</b>	Phase de fonctionnement	Risque d'éclatement et fuite



Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport	des Risques (AMR)	Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

### 6.3. Cartographie des potentiels de dangers

- ☒ 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...).

### 6.4. 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.

L'installation est d'une technologie simple étage. L'ammoniac est confiné dans le SDM. La quantité d'ammoniac est réduite au minimum suivant les options suivantes :

- Les sorties liquides des condenseurs sont équipées détendeurs, ce qui permet de minimiser la longueur des tuyauteries liquide HP.
- La production d'eau glycolée est avec un système flood. Avec l'ammoniac liquide présent que dans le pot d'alimentation des échangeurs à plaques pour minimiser la quantité d'ammoniac dans l'échangeur combiné BP.
- Les échangeurs à plaques sont utilisés pour minimiser la quantité 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.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 7. Retour d'expérience

---

Ce chapitre présente une synthèse de l'accidentologie. Cette synthèse alimente notamment l'analyse des risques.

### 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 scénarios 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).

**Note 1 :** *L'incendie dans la salle des machines ou à l'extérieur de la salle des machines est à retenir comme un évènement initiateur possible.*

**Note 2 :** *Dans le cas de SEAFRIGO, il n'y a pas de salle des machines, les installations sont à l'intérieur de groupes carrossés.*

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 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'analyse de risques

Les événements initiateurs (ou agressions externes) suivants sont exclus de l'analyse de 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

##### 8.1.2.2. Neige et vent

##### 8.1.2.3. Foudre

##### 8.1.2.4. Inondation

Ces chapitres sont traités dans le dossier enregistrement ICPE.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

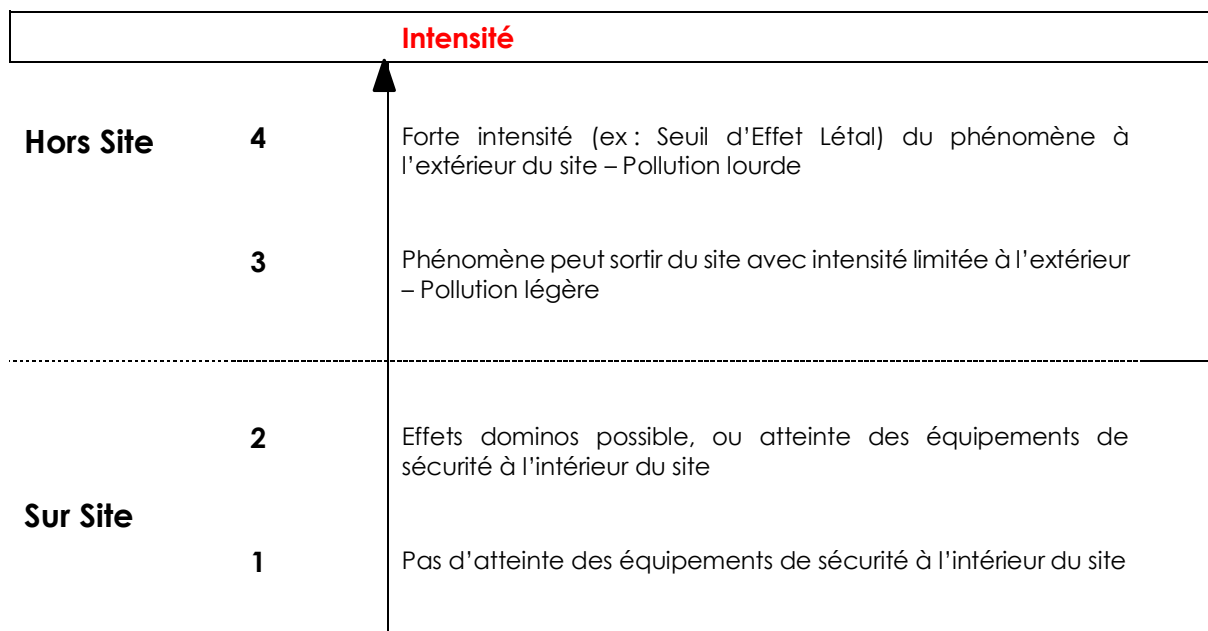
## 8.2. Causes internes liées au procédé

### 8.2.1. Analyse préliminaire des risques

L'identification des scénarios d'accidents liés au procédé est réalisée au travers d'une analyse préliminaire des risques. 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



**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 (condenseur) ;
- Perte de confinement sur circuit BP et MP (séparateur de liquide, bouteillon d'huile) ;
- 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.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

### 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)**, à l'intérieur des groupes carrossés (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, 16, 17)** (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)** :
  - ✓ 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'analyse de risques dans la mesure où la rétention dans la SDM 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'analyse de risques.

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) ;
- Groupes carrossés (SDM) ;

#### ❖ 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 minimales

## ❖ 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
<b>Extérieur</b>	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.
<b>Salle des machines</b>	Rupture guillotine de la tuyauterie HP en aval du condenseur	Le terme source peut être différent du précédent, 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).
<b>Utilisateurs Galeries techniques Toiture</b>	Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP	Le cheminement des tuyauteries BP est étudié pour identifier les caractéristiques des locaux et zones traversées (galeries...).
	Rupture guillotine de la tuyauterie dégivrage gaz chaud HP	On retient la rupture guillotine sur la tuyauterie de départ gaz chaud HP vers les utilisateurs, cette tuyauterie est utilisée pour le dégivrage.



Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 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 vanelles d'air se ferment en cas de surpression dans le local ; des effets au sol par les interstices du local et/ou les vanelles 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) 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 scénario 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 (létaux, 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.

### 9.3.1.3. 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
<b>Vitesse du vent</b>	(m/s)	3	3	5	5	10	5	10	3	3
<b>T° ambiante</b>	(°C)	20	20	20	20	20	20	20	20	15
<b>T° du sol</b>	(°C)	20	20	20	20	20	20	20	20	15
<b>Humidité relative</b>	(%)	70	70	70	70	70	70	70	70	70
<b>Rayonnement solaire</b>	(kW/m <sup>2</sup> )	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0

**Tableau 7** : Conditions météorologiques génériques

### 9.3.2. 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.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

### 9.3.3. Présentation des résultats pour le système ammoniac

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'écartier 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'AMR.

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.

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.

#### 9.3.3.1. Présentation des résultats pour le circuit 1, 2 & 3 – SDM 1, 2 & 3

Les scénarii retenus (10, 11, 12, 13 et 15) sont tous réalisés sur la même hypothèse, **une perte de confinement totale**. Le point de rejet est commun pour les trois SDM. La conception des SDM est identique donc les résultats sont identiques sur chaque SDM.

Le résultat de cette perte de confinement total est détaillé dans l'annexe 8.

☒ **Annexe 8 – Résultats Scénarii SEAFRIGO - version PHAST 8.22 (Modèle intégral)**

## 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, déclaration) 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
<b>Désastreux (5)</b>	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
<b>Catastrophique (4)</b>	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
<b>Important (3)</b>	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
<b>Sérieux (2)</b>	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins 10 personnes exposées
<b>Modéré (1)</b>	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	Sema-quantitative	Quantitative (par unité et par an)
<b>E</b> (1 dans la grille de criticité)	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'installation	10 <sup>-5</sup>
<b>D</b> (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 <sup>-4</sup>
<b>C</b> (3 dans la grille de criticité)	"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	10 <sup>-3</sup>
<b>B</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 <sup>-2</sup>
<b>A</b> (5 dans la grille de criticité)	"Événement 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	

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

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 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	1	

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport	des Risques (AMR)	Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 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) ;
- Compresseurs : type volumétrique ;
- Condenseur : évaporatif, à air, adiabatique ;
- Evaporateurs : à plaques.

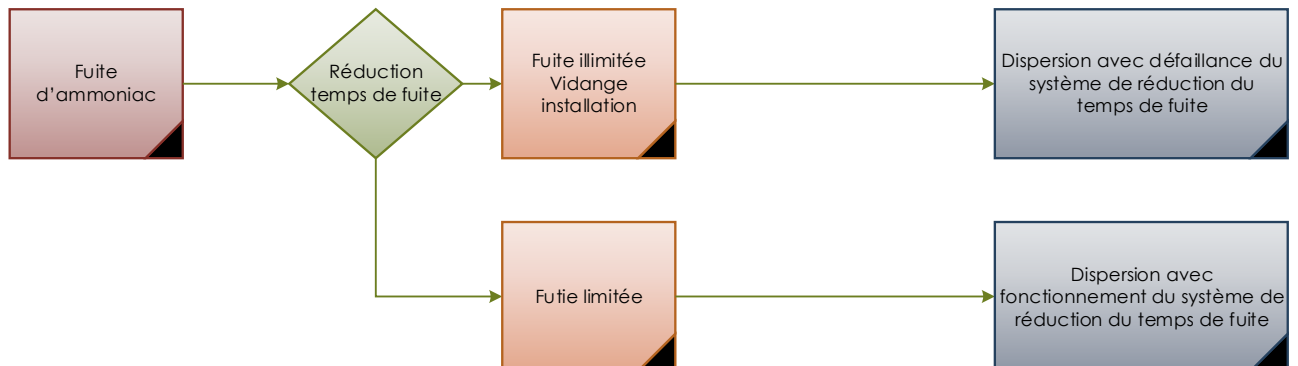
### 11.2.2. Evaluation de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux

La probabilité de chaque phénomène dangereux de fuite toxique retenu pour les modélisations est évaluée en tenant compte :

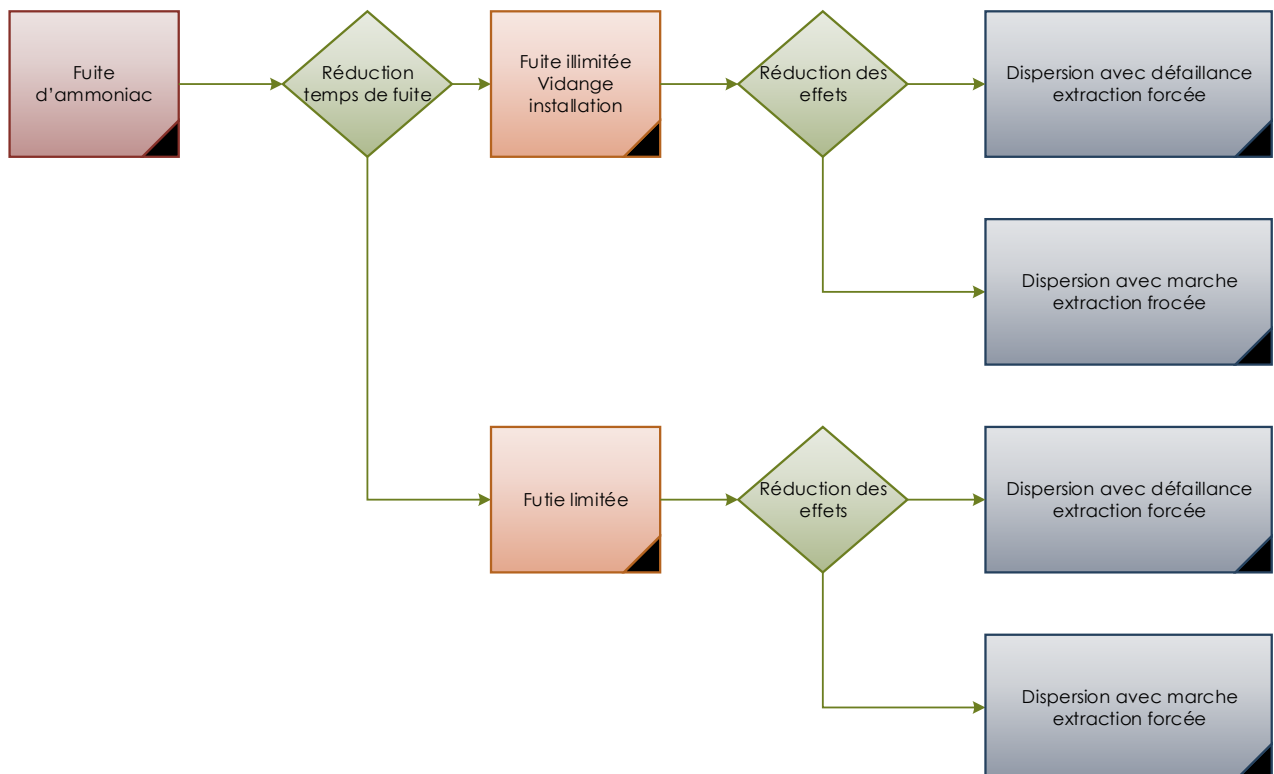
- De la fréquence de l'ERC (voir § 10.2.1)
- De la probabilité de défaillance des mesures de maîtrise des risques de limitation des effets (cf. § 10.2.3).

Des arbres de défaillance sont utilisés qui identifient les mesures de maîtrise des risques de limitation des effets :

o **Fuite d'ammoniac à l'extérieur :**



o **Fuite d'ammoniac dans un espace confiné :**



Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

### 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<sup>7</sup> pour les barrières techniques de sécurité :
- Oméga 20<sup>8</sup> 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		
<b>Murs coupe-feu</b>	X		Sans objet		1	3
<b>Fermeture automatique des portes</b>	X		Sans objet		1	2
<b>Cuvette de rétention dans locaux</b>	X		Sans objet		1	3
<b>Cheminée d'extraction air ammoniaqué</b>	X		Sans objet		1	3
<b>Disposition du matériel à l'intérieur de locaux</b>	X		Sans objet		1	3
<b>Calcul des circuits selon normes en vigueur</b>	X		Sans objet		1	3
<b>Ventilateur d'extraction d'air ammoniaqué dans cheminée</b>		X	Sans objet		30	2
<b>Pressostat de sécurité type double soufflet</b>		X	Sans objet		1	2
<b>Soupape de sécurité</b>		X	Sans objet		1	2
<b>Vannes de décharge en décompression</b>		X	Sans objet		1	1
<b>Clapet anti-retour</b>		X	Sans objet		1	2
<b>Bouton arrêt d'urgence</b>		X	Sans objet		1	2
<b>Niveau électrique de sécurité</b>		X	Sans objet		1	1
<b>Détecteur incendie avec capteurs</b>		X	Oui		30	2
<b>Détecteur NH3</b>		X	Sans objet		15	2
<b>Capteur NH3</b>		X	Sans objet		1	2
<b>Détecteur NH3 + capteurs</b>		X	Oui		16	2
<b>Ventilateur d'extraction d'air ammoniaqué dans cheminée secourue</b>		X	Oui		30	2
<b>Vanne motorisée électropneumatique à sécurité positive</b>		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 :

☒ L'**annexe 11** montre le positionnement des PhD sur le circuit frigorifique (scénarii).

Zone géographique	ERC	PhD retenus
<b>Groupes carrossés (SDM)</b>	Rupture guillotine de la tuyauterie HP	<b>Scénario 14</b> : Rupture guillotine d'un tube interne au condenseur.
	Relâchement des soupapes de sécurités	<b>Scénario 15</b> : Ouverture des soupapes de sécurité avec échappement via le collecteur en extérieur (dans le conduit d'extraction d'air ammoniacué).
<b>Groupes carrossés (SDM)</b>	Rupture guillotine de la tuyauterie HP en aval du condenseur	<b>Scénario 10</b> : Rupture guillotine de la tuyauterie HP vapeur en amont du condenseur. <b>Scénario 11</b> : Rupture guillotine de la tuyauterie HP liquide en aval du condenseur.
	Perte de confinement sur l'échangeur combiné BP	<b>Scénario 12</b> : Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en aval des pompes ammoniac. <b>Scénario 13</b> : Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP en amont des pompes ammoniac.
<b>Utilisateurs Gains techniques</b>	Rupture guillotine de la tuyauterie BP liquide	<b>Scénario 16, 26</b> : Rupture guillotine de la tuyauterie liquide BP à l'entrée d'une station de vannes.
	Rupture guillotine de la tuyauterie Gaz chaud HP	<b>Scénario 17, 27</b> : Rupture guillotine de la tuyauterie gaz chaud à l'entrée d'une station de vannes.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport	des Risques (AMR)	Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

### 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 confiné (groupe carrosé) 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 ammoniacé (Perte d'utilité) :**

En cas de disfonctionnement de l'extracteur d'air ammoniacé (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.

On mettra en place deux capteur d'ammoniac ATEX 0/100% LIE avec un seuil d'avertissement prévenant du seuil d'explosivité (15 et 20%).

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.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport	des Risques (AMR)	Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 12. Caractérisation de la cinétique des événements

---

L'ensemble des phénomènes dangereux et accidents majeurs retenus dans la présente analyse de risques 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, ce risque est maîtrisé par la pose de grille à ventelles dynamique qui se referme en cas de surpression dans le local (Le SDM doit être maintenu fermé).

La mise en service de l'extracteur et les ouvertures du SDM suffisent à éviter une montée en pression conduisant à un éclatement du local.

On ne retiendra pas d'effets dominos dans le cas présent.

### 13.2. Effets dominos issus d'autres installations

Le seul effet domino possible, est un incendie des locaux avoisinant le SDM. C'est un risque qui est étudié dans le scénario n°15 dans la présente étude (Relâchement des soupapes de sécurité) et/ou scénario 13 perte de confinement total.

## 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'analyse de risques. Par souci de simplification, un seul tableau a été retenu qui regroupe pour chaque phénomène dangereux et accident majeur associé :

- o Les distances pour les seuils d'effets SELS, SEL, SEI et bris de vitre ;
- o La gravité ;
- o Les probabilités d'occurrence ;
- o La cinétique.

Ces caractéristiques ont été évaluées dans les chapitres précédents.

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 <b>immédiat</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + <b>coupure des énergies</b> et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. <b>Hauteur de rejet = 18 m</b>	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 <b>immédiat</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + <b>coupure des énergies</b> et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. <b>Hauteur de rejet = 18 m</b>	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 <b>immédiat</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + <b>coupure des énergies</b> et maintenir en l'extracteur de sécurité en service. <b>Hauteur de rejet = 18 m</b> <b>Fermeture des vannes de sectionnement à sécurité positive</b>	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 <b>immédiat</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + <b>coupure des énergies</b> et maintenir en l'extracteur de sécurité en service.  <b>Hauteur de rejet = 18 m</b> <b>Fermeture des vannes de sectionnement à sécurité positive</b>	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 <b>immédiat</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil du fonctionnement de tous les circuits de la SDM + <b>Avertissement fuite extérieure.</b>  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.  <b>Un périmètre de sécurité incendie serait également mis en place.</b>  <b>Intervention des secours.</b>	Modéré
16	Rejet d'ammoniac par une canalisation de liquide BP en intérieur (Surgélateur)	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détecteurs d'ammoniac au niveau des stations de vannes pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement des stations de vannes et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.  Arrêt des pompes ammoniac + vannes de sécurité	Modéré
17	Rejet d'ammoniac par une canalisation de gaz chaud HP en extérieur (CF)	D	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Détecteurs d'ammoniac au niveau des stations de vannes pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement des stations de vannes et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.  Arrêt des dégivrages en cours + fermeture vanne de sécurité départ gaz chaud	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 les systèmes 1 et 2 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)
<b>Désastreux (5)</b>	<b>0</b> 51	<b>0</b> 52	<b>0</b> 53	<b>0</b> 54	<b>0</b> 55
<b>Catastrophique (4)</b>	<b>0</b> 41	<b>0</b> 42	<b>0</b> 43	<b>0</b> 44	<b>0</b> 45
<b>Important (3)</b>	<b>1</b> 31	<b>1</b> 32	<b>8</b> 33	<b>0</b> 34	<b>0</b> 35
<b>Sérieux (2)</b>	<b>1</b> 21	<b>5</b> 22	<b>5</b> 23	<b>7</b> 24	<b>0</b> 25
<b>Modéré (1)</b>	<b>2</b> 11	<b>6</b> 12	<b>9</b> 13	<b>16</b> 14	<b>8</b> 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)
<b>Désastreux (5)</b>	0 51	0 52	0 53	0 54	0 55
<b>Catastrophique (4)</b>	0 41	0 42	0 43	0 44	0 45
<b>Important (3)</b>	0 31	0 32	0 33	0 34	0 35
<b>Sérieux (2)</b>	0 21	0 22	0 23	0 24	0 25
<b>Modéré (1)</b>	8 11	60 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'analyse de risques 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 (Mesures de Maitrise des Risques)**.

Probabilité (sens croissant de E vers A (note 1))					
Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	E (1)	D (2)	C (3)	B (4)	A (5)
<b>Désastreux (5)</b>	51	52	53	54	55
<b>Catastrophique (4)</b>	41	42	43	44	45
<b>Important (3)</b>	31	32	33	34	35
<b>Sérieux (2)</b>	21	22	23	24	25
<b>Modéré (1)</b>	Scénario 11 13 11	Scénarii 10 11 12 13 15 12	13	14	15

### 14.3. Phénomènes dangereux pour le Porter à Connaissance

L'installation à l'ammoniac étant à faible charge et très compact, le scénario majeur a été retenu. Scénario de perte de confinement total (incendie, Rupture guillotine liquide HP en fonctionnement).

L'étude de dispersion est présentée dans l'annexe 8.

PhD	Désignations
10	Rupture d'un tube entre compresseurs et les condenseurs dans l'édicule (au niveau d'une vanne ou accessoire) = Perte de confinement <b>vapeur HP</b> à l'intérieur. <a href="#">Voir scénario 11 similaire et majorant avec liquide HP</a>
11	Rupture d'un tube à la sortie du condenseur dans l'édicule (au niveau d'une vanne ou accessoire) = Perte de confinement <b>liquide HP</b> à l'intérieur. <a href="#">Scénario Majorant, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8</a>
12	Rupture d'un tube en dessous de la bouteille BP – Installation en fonctionnement = Perte de confinement <b>liquide BP</b> à l'intérieur. <a href="#">Voir scénario 13 similaire et majorant avec pression plus importante</a>
13	Rupture d'une canalisation en dessous de la bouteille BP – Installation à l'arrêt (à l'arrêt avec une <u>élévation de la pression</u> ) avec limitation du rejet par la mise en place de <u>vannes de sécurité</u> = Perte de confinement <b>liquide BP</b> à l'intérieur. <a href="#">Scénario Majorant, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8</a>
14	Rupture d'un tube à l'intérieur du condenseur en extérieur = Perte de confinement <b>liquide HP</b> en extérieur. <a href="#">Scénario tube extérieur voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8</a>
15	<u>Effet domino</u> : Cas d'un incendie en SDM. Relâchement des soupapes de sécurité = Décharge des soupapes <b>vapeur HP</b> (collecteur) à l'atmosphère. <a href="#">Scénario cas incendie, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8</a>
16	Rupture d'une canalisation sur la station de vannes la plus importante (Surgélateur) en comble usine = Perte de confinement <b>liquide BP</b> à l'intérieur. <a href="#">Scénario Majorant dans les combles, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8</a>
17	Rupture d'une canalisation sur une station de vannes de la CF en toiture = Perte de confinement <b>vapeur HP</b> en extérieur = Perte de confinement <b>vapeur HP</b> en extérieur. <a href="#">Scénario Majorant en extérieur, voir résultat avec PHAST version 8.22 en Annexe 8</a>

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 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 DRA-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.

Atlantic Refrigeration Consulting	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC
AMR SEAFRIGO Guadeloupe - Aéroport		Indice : ED23-030200v1 – 27/10/2023

## 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 : synthèse et exemples d'accidents caractéristiques

Annexe 5 : Tableaux d'analyse préliminaire des risques (APR)

Annexe 6 : Bonnes pratiques et mesures de sécurité : Rappel des exigences des textes réglementaires et de la norme NF EN 378

Annexe 7 : Evaluation des mesures de maîtrise des risques : Tableau de synthèse des évaluations

Annexe 8 : Caractérisation de l'intensité – version PHAST 8.22 (Modèle intégral)

Annexe 9 : Analyse détaillés des risques (ADR) - Arbres d'évènements génériques

Annexe 10 : Répartition de charge d'ammoniac

Annexe 11 : Schéma de principe frigorifique

Annexe 12 : Principe de ventilation – Extraction de sécurité SDM

Annexe 13 : Répartition des zones à risques liés à l'ammoniac

Annexe 14 : Etude d'implantation de la détection NH3