

SO'HAM – Brive La Gaillarde (19)

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  
03/12/2018

## Table des matières

<b>Glossaire</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Introduction et contexte de l'étude</b> .....	<b>5</b>
1.1. Introduction .....	5
1.2. Contexte .....	5
1.3. Particularités .....	6
<b>2. Description de l'environnement de l'établissement</b> .....	<b>7</b>
2.1. Localisation du site .....	7
2.2. Description de l'environnement de l'installation.....	8
2.3. Environnement naturel.....	8
2.3.1. Contexte climatique.....	8
2.3.2. Risques naturels .....	8
<b>3. Description de l'établissement</b> .....	<b>9</b>
3.1. Présentation de l'entreprise .....	9
3.2. Principales productions et activités.....	9
3.3. Organisation de l'établissement.....	9
3.3.1. Effectif – horaires .....	9
3.3.2. Surveillance du site .....	9
<b>4. Description des installations de réfrigération</b> .....	<b>10</b>
4.1. Généralités .....	10
4.2. Installations utilisant l'ammoniac .....	10
4.3. Implantation des installations.....	11
4.3.1. Salle des machines .....	11
4.3.2. Utilisateurs .....	11
4.4. Equipements constituant le système 1 .....	12
4.4.1. Généralités.....	12
4.4.2. Schéma de principe .....	12
4.4.3. Rôles et caractéristiques des différents équipements .....	13
4.5. Autres données de fonctionnement.....	17
4.5.1. Rechargement d'ammoniac .....	17
4.5.2. Débits d'ammoniac dans le circuit HP et BP.....	17
4.6. Listes des bonnes pratiques et des mesures de sécurité en prévention .....	18
4.6.1. Bonnes pratiques de prévention.....	18
4.6.2. Mesures de sécurité en prévention .....	19
4.6.3. Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la fuite toxique.....	22
4.6.4. Mesures de protection / limitation vis-à-vis de l'explosion .....	24

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

4.6.5.	Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la pollution .....	24
4.6.6.	Système de régulation et de contrôle .....	25
4.6.7.	Tableau de synthèse des mesures de prévention .....	26
4.7.	Les locaux et zones d'implantation .....	30
4.7.1.	Salle des machines .....	30
4.7.2.	Plateforme de condensation .....	30
<b>5.</b>	<b>Potentiels de dangers .....</b>	<b>31</b>
5.1.	Potentiels de dangers liés aux produits.....	31
5.1.1.	Les risques liés à l'ammoniac .....	31
5.1.2.	Autres produits .....	33
5.2.	Potentiels de dangers liés au procédé .....	33
5.3.	Cartographie des potentiels de dangers.....	34
5.4.	Justification des potentiels de dangers .....	35
<b>6.</b>	<b>Retour d'expérience .....</b>	<b>36</b>
6.1.	Analyse générale de l'accidentologie .....	36
<b>7.</b>	<b>Analyses préliminaires des risques .....</b>	<b>37</b>
7.1.	Causes externes.....	37
7.1.1.	Causes exclues de l'étude de dangers.....	37
7.1.2.	Causes génériques d'origine naturelle .....	37
7.2.	Causes internes liées au procédé .....	38
7.2.1.	Analyse préliminaire des risques.....	38
7.3.	Phénomènes dangereux retenus au terme de l'APR.....	40
<b>8.</b>	<b>Caractérisation de l'intensité des phénomènes dangereux .....</b>	<b>41</b>
8.1.	Sélection des phénomènes dangereux à modéliser.....	41
8.2.	Principales hypothèses de modélisation .....	43
8.3.	Intensité des phénomènes dangereux.....	43
8.3.1.	Seuils d'effets sur l'homme.....	43
8.3.2.	Environnement.....	44
8.3.3.	Présentation des résultats pour le système ammoniac.....	45
<b>9.</b>	<b>Caractérisation de la gravité des accidents potentiels .....</b>	<b>52</b>
9.1.	Grille d'évaluation de la gravité.....	52
9.2.	Comptage des personnes pour évaluation de la gravité .....	52
<b>10.</b>	<b>Caractérisations des probabilités d'occurrence .....</b>	<b>53</b>
10.1.	Classes des probabilités d'occurrence .....	53
10.2.	Détermination des probabilités d'occurrence des PhD de dispersion toxique ...	54
10.2.1.	Point de départ : évaluation des fréquences des ERC.....	54

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

10.2.2.	Evaluation de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux ..	54
10.2.3.	Méthodes d'évaluation des barrières de sécurité .....	56
10.2.4.	Probabilité d'occurrence des PhD de dispersion toxique.....	58
10.3.	Evaluation des probabilités d'occurrence des explosions en zone confinée .....	59
10.4.	Présentation des probabilités des phénomènes dangereux et des accidents majeurs.....	59
<b>11.</b>	<b>Caractérisation de la cinétique des évènements .....</b>	<b>59</b>
<b>12.</b>	<b>Effets dominos.....</b>	<b>60</b>
12.1.	Effets dominos issus de la réfrigération à l'ammoniac .....	60
12.2.	Effets dominos issus d'autres installations .....	60
<b>13.</b>	<b>Bilan des phénomènes dangereux et des accidents majeurs.....</b>	<b>61</b>
13.1.	Tableau de synthèse des phénomènes dangereux et accidents majeurs .....	61
13.2.	Positionnement des accidents dans la matrice des risques.....	63
13.3.	Phénomènes dangereux pour le Porter à Connaissance.....	64
<b>14.</b>	<b>Résumé non technique et cartographies des effets.....</b>	<b>65</b>
14.1.	Résumé non technique.....	65
14.2.	Cartographies des effets .....	70
<b>15.</b>	<b>Références.....</b>	<b>71</b>
<b>16.</b>	<b>Liste des annexes .....</b>	<b>72</b>
	Annexe 1 : Description des installations de réfrigération à l'ammoniac .....	72
	Annexe 2 : Caractéristiques de l'ammoniac .....	72
	Annexe 3 : Optimisation de la quantité d'ammoniac .....	72
	Annexe 4 : Accidentologie des installations de réfrigération : synthèse et exemples d'accidents caractéristiques.....	72
	Annexe 5 : Tableaux d'analyse préliminaire des risques (APR).....	72
	Annexe 6 : Bonnes pratiques et mesures de sécurité : Rappel des exigences des textes réglementaires et de la norme NF EN 378 .....	72
	Annexe 7 : Evaluation des mesures de maîtrise des risques : Tableau de synthèse des évaluations.....	72
	Annexe 8 : Caractérisation de l'intensité.....	72
	Annexe 9 : Analyse détaillés des risques (ADR) - Arbres d'évènements génériques.....	72
	Annexe 10 : Répartition de charge d'ammoniac .....	72
	Annexe 11 : Schéma de principe frigorifique .....	72

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## Glossaire

---

AFF	Association Française du Froid
AMR	Analyse Méthodique des Risques
APR	Analyse Préliminaire de Risques
BARPI	Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels
BP	Basse Pression
EDD	Etude de Dangers
ERC	Evènement Redouté Central
ERP	ERP Etablissement Recevant du Public
HP	Haute Pression
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
MMR	Mesure de Maîtrise des Risques
MP	Moyenne Pression
NC	Niveau de Confiance
PhD	Phénomène Dangereux
POI	
PPRT	Plan de Prévention des Risques Technologiques
SEI	Seuil des Effets Irréversibles
SEL	Seuil des Effets Létaux
SELS	Seuil des Effets Létaux Significatifs
SIL	Safety Integrity Level
TMD	TMD Transport de Marchandises Dangereuses
USNEF	USNEF Union Syndicale Nationale des Exploitations Frigorifiques

## 1. 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 SO'HAM pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques de son installation de réfrigération située sur la commune de Brive La Gaillarde, dans le département de la Corrèze (19), en région Limousin.

Ce système comportera dans sa situation finale **1 170 kg d'ammoniac**, pour une utilisation en centrale pour le refroidissement de l'eau glycolée.

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>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>D</b>	Système de réfrigération à l'ammoniac : <b>1 170 kg</b>

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

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

### 1.2. Contexte

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

La présente étude est réalisée conformément à l'article R512-9 et en respectant l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation. **L'installation de SO'HAM sera soumise à déclaration, mais l'entreprise a souhaitée réalisée une étude (Analyse Méthodique des Risques) qui reprends en partie la méthodologie d'une étude de dangers.**

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

### 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 ».

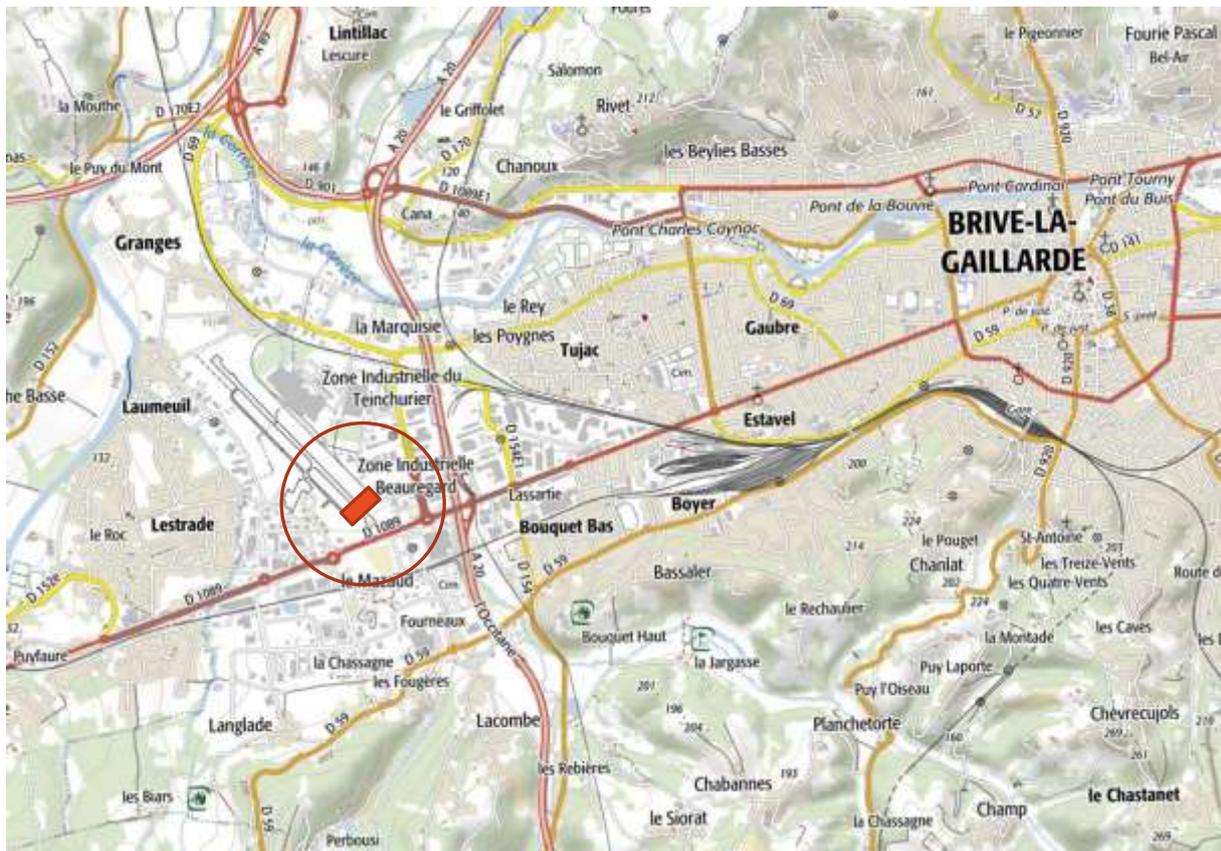
**En ce qui nous concerne nous respectons les conditions demandées dans les 15 mètres minimum demandés jusqu'à la limite du site pour le nouveau et l'ancien système. Il n'y a pas de réservoir HP (ou récipient HP), la SDM est enfermée, les liaisons du condenseur évaporatif sont capotées et la sortie du ventilateur sécuritaire est à 10 m de hauteur.**

**Rappelons que la SDM est à plus de 50 m des limites du site.**

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

### 2.1. Localisation du site

L'installation de réfrigération de SO'HAM est localisée sur la commune de Brive La Gaillarde, dans le département de la Corrèze (19), en région Limousin.



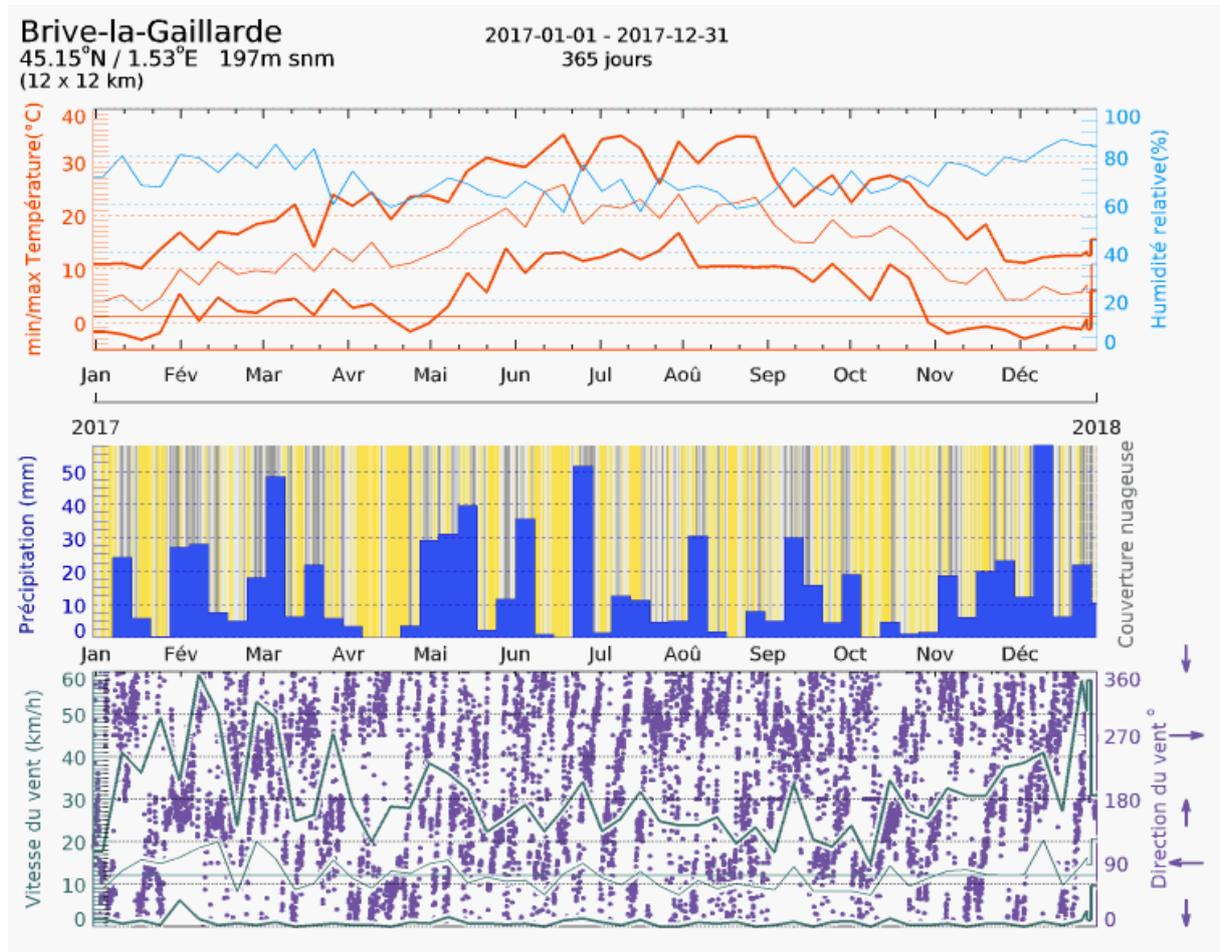
L'installation de réfrigération de SO'HAM se trouve au milieu du bâtiment et est à plus de 50 m des limites de propriété, comme présenté sur la carte ci-jointe.

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

Ce chapitre est décrit dans le dossier « demande d'enregistrement ».

## 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

Pas de risques naturels majeur répertorié sur la commune de Brive La Gaillarde (19).

## 3. Description de l'établissement

---

### 3.1. Présentation de l'entreprise

<b>Raison sociale</b>	SO'HAM Sud-Ouest
<b>Forme juridique</b>	SAS
<b>N° de SIRET</b>	841 889 827 00017
<b>Code ape (NAF)</b>	1011Z
<b>Adresse</b>	Siège social : Route de Bellocq 64 270 Lahontan.
<b>Représentant de la société</b>	M. Patrick LE FOLL - Président

Le nouveau site de SO'HAM sera implanté au droit de la ZAC Brive Laroche qui correspondait à l'ancien aérodrome de Brive la Gaillarde. SO'HAM projette d'employer près de 120 personnes sur le site de Brive.

### 3.2. Principales productions et activités

La société SO'HAM sur le site de Brive La Gaillarde aura pour activité une unité correspondant à la fabrication de jambons blancs fumés ou non fumés. Dans cette installation, l'exploitant disposera d'une installation frigorifique de capacité totale de 1 170 kg d'ammoniac en phase finale.

### 3.3. Organisation de l'établissement

#### 3.3.1. Effectif – horaires

Le site emploiera 120 personnes dans un premier temps (phase 1).

#### 3.3.2. Surveillance du site

Le site sera fermé en limite de propriété. L'accessibilité du site sera autorisée aux personnes habilitées. Un système de surveillance à distance sera mis en place pour prévenir des alarmes.

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 4. 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.**

### 4.1. Généralités

Les méthodes les plus répandues, pour produire du froid aux niveaux de température utilisés de  $-50^{\circ}\text{C}$  à  $+20^{\circ}\text{C}$ , 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.

### 4.2. 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  $-60^{\circ}\text{C}$ ,
- ❖ Une neutralité chimique vis à vis des constituants du système frigorifique, hors du cuivre et de ses alliages, ainsi qu'une insensibilité à la présence d'air humide ou d'eau,
- ❖ Une meilleure stabilité vis-à-vis de l'huile,
- ❖ Une détection relativement facile en cas de fuite même minime (détection olfactive à 5ppm, etc.),
- ❖ Une absence d'effet sur l'ozone atmosphérique ou de contribution à l'effet de serre,
- ❖ Le prix d'achat le plus bas de tous les frigorigènes (5 à 8 fois moins cher au kg, 11 à 17 fois en prenant en compte la réduction de la taille des installations),
- ❖ Des dimensions plus réduites des tuyauteries pour une même puissance frigorifique,
- ❖ Globalement, des coûts de revient 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 frigorifique (égale ou supérieure à 100 kW en froid).

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

### 4.3. Implantation des installations

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

- La salle des machines dans laquelle se trouve le système frigorifique ;
- Une terrasse sur laquelle se situent les 4 condenseurs ;

Intérieur	Salle des machines	Compresseurs
		Séparateurs de liquide MP (Capacités)
		Echangeurs
		Tuyauteries et accessoires (Vannes)
		Soupapes de sécurités
Extérieur	Toiture SDM (Terrasse)	Condenseurs évaporatifs
	Toiture Usine (Utilisateurs)	Rien
	Combles techniques	Pas d'ammoniac (seulement de l'eau glycolée) – système indirect

#### 4.3.1. Salle des machines

La salle des machines est composée des équipements de production de froid et de distribution pour les postes utilisateurs :

- ❖ Compresseurs
- ❖ Condenseurs (en terrasse)
- ❖ Séparateur de liquide MP
- ❖ Echangeurs à plaques
- ❖ Un système de détection ammoniac + extracteur de sécurité (en SDM)

#### 4.3.2. Utilisateurs

L'installation de SO'HAM est une production suivant la **méthode indirecte**. **L'ammoniac est confiné en SDM pour la production d'eau glycolée froid qui sera distribué sur les postes utilisateurs avec faible charge d'ammoniac.**

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 4.4. Equipements constituant le système 1

### 4.4.1. Généralités

Ce système contiendra **1 170 kg d'NH3**, Cette charge correspond à la phase finale du projet. La phase 1 correspond à une charge d'ammoniac d'environ 900 kg. L'étude sera réalisée sur la charge d'ammoniac finale.

**A l'intérieur de la salle des machines** se trouvera la centrale frigorifique assurant la production d'eau glycolée froide avec entre autres comme matériel confinant l'ammoniac :

#### Phase 1

- 1 x **compresseurs à pistons SMC 108 L** en secours.
- 1 x **compresseurs à pistons SMC 116 L** avec séparateur d'huile.
- 1 x **compresseurs à vis SAB 233 LM** avec séparateur d'huile.
- Les **armoires électriques** de puissance et régulation.
- 1 x **séparateur de NH3 liquide MP** moyenne température (prévu pour la phase finale).
- 2 x **échangeurs à plaques** sous la bouteille MP (fonctionnement en flood).
- 1 x **pot de soutirage d'huile** sous le séparateur de liquide (prévu pour la phase finale).
- 1 x **condenseur à plaques** pour le préchauffage de l'eau de lavage.
- 1 x **désurchauffeur à plaques** pour le chauffage de l'eau de lavage.
- Un système de détection de fuite d'ammoniac + un extracteur de sécurité.

#### Phase 2

- 1 x **compresseurs à pistons SMC 116 L** avec séparateur d'huile.
- 1 x **compresseurs à vis SAB 233 LM** avec séparateur d'huile.
- Les **armoires électriques** de puissance et régulation.
- 2 x **échangeurs à plaques** sous la bouteille MP (fonctionnement en flood).
- 1 x **condenseur à plaques** pour le préchauffage de l'eau de lavage.
- 1 x **désurchauffeur à plaques** pour le chauffage de l'eau de lavage.

**A l'extérieur de la salle des machines** se trouve le système de condensation assuré le matériel suivant (en terrasse avec les tuyauteries dans un édicule) :

- 4 x **condenseurs évaporatif, dont les connexions NH3 sont abritées dans un édicule** (2 condenseurs en phase 1 et 2 en phase 2).
- Un système de détection de fuite d'ammoniac + un extracteur de sécurité.

**Les références et marques des équipements qui suivent dans les descriptions, sont données à titre indicatif et pour justifier que l'étude a été réalisée très précisément avec les puissances nécessaires au fonctionnement de l'installation. Les sélections des différents équipements ont permis le calcul précis des débit masse de fluide en circulation dans le système, et donc qui ont permis de faire les scénarii décrits plus loin dans le présent document.**

### 4.4.2. 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.

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

### 4.4.3. Rôles et caractéristiques des différents équipements

#### 4.4.3.1. Compresseurs MP

**Rôle** : Assurer la production frigorifique nécessaire à la production d'eau glycolée pour les postes utilisateurs alimentés avec un système indirect.

**Fonctionnement** : L'étage MP de chaque compresseur aspire, dans la bouteille MOYENNE PRESSION et refoule dans le condenseur évaporatif et le système de récupération de chaleur (désurchauffeur 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	CP 1	CP 2 – CP 3	CP 4 – CP 5
Compresseur	MP	MP	MP
Marque	SABROE Ou similaire	SABROE Ou similaire	SABROE Ou similaire
Type	A pistons	A pistons	A vis
Modèle	SMC 108 L	SMC 116 L	SAB 233 LM
Régime de service (°C)	-11/+35	-11/+35	-11/+35
Puissance frigorifique unitaire Q <sub>o</sub>	<b>293 kW</b>	<b>580 kW</b>	<b>1 070 kW</b>
Puissance absorbée sur l'arbre Q <sub>a</sub>	82 kW	161 kW	304 kW
Refroidissement de culasses	Oui	Oui	Non
Refroidissement d'huile	Non	Non	128 kW
Moteur électrique	110 kW	200 kW	355 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.

CP1, CP2 et CP4 en phase 1, et CP3 et CP5 en phase 2.

#### 4.4.3.2. Condenseurs évaporatifs

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

Caractéristiques unitaires :

Condenseur	Unités	COND 1-2-3 et 4	<u>Équipements</u> : - 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. - Chaque sortie de circuit est connectée directement à un système de détente type flotteur WITT, pour limiter au plus court la conduite de liquide HP.
Constructeur		Baltimore	
Modèle		PLC 0218-0812E-K	
Température Condensation	°C	+35	
Bulbe humide	°C	23	
Puissance Réjection (unitaire)	kW	1 091	
Quantité d'ammoniac	kg	<b>66</b>	

2 en phase 1 et 2 en phase 2.

#### 4.4.3.3. Désurchauffeur à plaques – récupération de chaleur

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

Caractéristiques unitaires :

Désurchauffeur à plaques	N°1 et 2	<u>Équipements</u> : - Vannes d'isolement E/S. - Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.
Constructeur	ALFA LAVAL	
Modèle	MK15	
Température Condensation	+35°C	
Régime d'eau	+28/+48 °C	
Puissance Réjection	200 kW	
Quantité d'ammoniac	<b>5 kg</b>	

1 en phase 1 et 1 en phase 2.

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

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

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

Caractéristiques unitaires :

Condenseur à plaques	N°1 et 2
Constructeur	ALFA LAVAL
Modèle	MK15 ou M10
Température Condensation	+35°C
Régime d'eau	+12/+28 °C
Puissance Réjection	1 091 kW
Quantité d'ammoniac	<b>30 kg</b>

Équipements :

- Vannes d'isolement E/S.
- Régulateur à flotteur HFI100 DANFOSS en sortie.
- Protection contre les surpressions par soupapes de sécurité montées sur vanne inverseuse.

1 en phase 1 et 1 en phase 2.

#### 4.4.3.5. Séparateur de liquide Moyenne Pression (ou bouteille MP)

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

Caractéristiques	Unités	
Diamètre de virole	mm	1 200
Longueur de virole	mm	4 000
Volume à vide	litres	4 976
Capacité d'ammoniac en fonctionnement normal	kg	<b>763</b>
Pression de service	bars	14
Pression d'épreuve	bars	28

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).

#### 4.4.3.6. 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	
Diamètre de virole	mm	273
Longueur de virole	mm	1 000
Volume à vide	litres	65
Capacité d'ammoniac en fonctionnement normal	kg	<b>44</b>
Pression de service	bars	20
Pression d'épreuve	bars	40

Les bouteille MP et BP sont reliées à un bouteillon de purge d'huile équipé de tous les éléments de sécurité nécessaires :

- Protection contre les surpressions par soupape de décharge interne.
- Voyants permettant un contrôle visuel de l'huile dans le bouteillon.
- Vannes d'isolement du bouteillon.
- Vanne de purge d'huile à contre poids complétée par une vanne à main.

#### 4.4.3.7. Echangeur à plaques – production MPG froid

Rôle : Assurer le refroidissement du MPG circulant d'un côté des plaques par évaporation de l'ammoniac de l'autre côté des plaques, créant ainsi un échange thermique entre les deux fluides.

Caractéristiques unitaires :

Echangeur à plaques	ECH 1 – 2 – 3 et 4
Constructeur	KELVION
Modèle	LWC150
Température d'évaporation	-12°C
Régime MPG	-8/-4 °C
Puissance frigorifique unitaire	800 kW
Quantité d'ammoniac unitaire	<b>33 kg</b>

Équipements :

- Vannes d'isolement E/S.
- Protection contre les surpressions par vannes à pression constante type A2CK plombées au tarage de la vanne.

2 en phase 1 et 2 en phase 2.

☒ L'**annexe 1** décrit pour information les différents équipements constitutifs (principes, technologies, sécurités...).

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 4.5. Autres données de fonctionnement

### 4.5.1. Rechargement d'ammoniac

Les opérations usuelles d'exploitation des installations (vidange d'huile tous les 15 jours à 1 mois, purge des incondensables, 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).

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

#### **Système ammoniac SO'HAM :**

Le débit dans la partie HP du système est déterminé par le débit des compresseurs. Ce débit est de **3,1** kg/s. Le débit dans la partie BP est égal au débit masse HP, car le système est en simple étage.

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

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 4.6. 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 la salle des machines soit conforme aux normes en vigueur (article 3) et que le seuil de déclenchement de la détection ammoniac soit conforme aux normes en vigueur (article 42).

### 4.6.1. 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 (purges d'huile, vidange ou remplissage de l'installation...) ;
  - ✓ Procédures sur les contrôles à effectuer au cours des différentes phases (marche normale, mise à l'arrêt, remise en service après arrêt...) incluant les contrôles des dispositifs de sécurité ;
  - ✓ Procédures de travaux par point chaud ;
  - ✓ Procédures de contrôle des installations électriques ;
- Vérifications réglementaires par une personne compétente (mesure R) et faisant l'objet d'un compte-rendu ; ces vérifications 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 AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 4.6.2. 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.

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

- 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.
  
- 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-éprouvés ou changés régulièrement ;
    - Clapet anti-retour côté installation évitant le retour d'ammoniac depuis l'installation ;
    - Utilisation de fûts adaptés, répondant à la réglementation des équipements sous pression ;
    - Entreposage des bouteilles ou fûts dans des zones protégés sous rétention lors de la mise en service ou lors d'intervention, en temps normal le site ne stocke pas de bouteilles ni de containers sur place ;

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

- Prévention de la dépression (mesure D) : pour mémoire, l'installation est équipée de systèmes de conduite et de commande en prévention de la dépression mais il ne s'agit pas de mesures de sécurité.
  
- Prévention des effets des incendies (mesure I) :
  - ✓ Prévention des propagations d'incendie par des locaux en matériaux adaptés et avec des contraintes d'étanchéité sur les portes et passages de gaines et tuyauteries ;
  - ✓ Prévention des départs de feu dans la salle des machines par des mesures telles que permis de feu, interdiction de fumer.... Les locaux sont aussi régulièrement nettoyés et le stockage de matières inflammables autres que celles utiles à l'installation (huile en quantité aussi réduite que possible) n'est pas autorisé dans la salle des machines ;
  - ✓ Limitation des effets d'un incendie :
    - Détection : les installations (salle des machines, 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 ;
    - Intervention : des exutoires de fumées à commandes automatique et manuelle sont installés en partie haute de la salle des machines, avec des commandes manuelles situées à l'extérieur de la salle des machines, près des accès.

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

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

#### 4.6.3. Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la fuite toxique

☒ L'**annexe 6** précise pour chacune des fonctions indiquées dans ce paragraphe les exigences réglementaires (textes et articles associés) et les mesures indicatives ou obligatoires issues des normes.

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

- **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 humaine mais avec un temps de réponse plus important qui dépend de différents facteurs (taux de présence des personnes, mode de surveillance de la salle des machines ou des autres parties d'installations...) ; l'action sur des boutons d'arrêt d'urgence (BAU) permet de déclencher les actions de sécurité.
  - ✓ Action :
    - Arrêt des installations qui se traduit par l'arrêt du compresseur et par l'arrêt de la pompe BP, sauf si la fuite se produit sur le circuit BP, hors de la salle des machines, auquel cas le compresseur est maintenu en service pour éviter une montée en pression ;
    - Isolement par fermeture de vannes automatiques entre la salle des machines et les combles.
- **Equipement de détection du système ammoniac** :
  - ✓ **Nombre de détecteurs explosimétrique NH3 en SDM = 2** :
    - 1 x détecteur dans l'ambiance de la SDM.
    - 1 x contrôle de l'échappement collecteur soupapes.
  - ✓ **Nombre de détecteurs toximétrique NH3 en SDM = 4** :
    - 2 x détecteur entre les compresseurs.
    - 1 x détecteur sous la bouteille MP1 non loin des échangeurs à hauteur d'homme.
    - 1 x détecteur dans l'édicule condenseur évaporatif.
  - ✓ **Nombre de détecteur pH = 3** :
    - 1 x détecteur pour les rejets condenseurs.
    - 1 x détecteur pour le circuit eau glycolée froide.
    - 1 x détecteur pour le circuit eau de récupération de chaleur.
  - ✓ **Nombre de détecteur explosimétrique extérieur à la SDM = 1** :
    - 1 x détecteur dans le local chaufferie.

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

- **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 dès le premier seuil ;
      - 1<sup>er</sup> seuil = **500** ppm
      - 2<sup>ème</sup> seuil = **1 000** ppm
    - Manuellement par action sur un bouton (indépendant de celui arrêtant les installations).
  - ✓ **Nombre et débit des extracteurs d'air ammoniacé – Système 1.**
    - 1 x extracteur en SDM et édicule condenseur évaporatif = 5 600 m<sup>3</sup>/h

**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 NH<sub>3</sub> du plus grand circuit de la SDM, bouteille BP

Ce débit minimum horaire (en m<sup>3</sup>/h) doit également être supérieur à 4 fois le volume de la SDM.

Ce débit minimum horaire (en m<sup>3</sup>/h) n'est pas limité en débit maximal il est ajusté en fonction de l'étude des scénarii, du refroidissement de la SDM du respect du débit d'extraction qui doit être inférieur à 15 fois le volume de la SDM. Ce qui est respecté.

**(Suivant l'Arrêté du 19 novembre 2009) L'exploitant fixe au minimum les deux seuils de sécurité suivants :**

- le franchissement du premier seuil (soit 500 ppm dans les endroits où le personnel d'exploitation est toujours présent, soit 2 000 ppm dans le cas contraire) entraînant le déclenchement d'une alarme sonore ou lumineuse et la mise en service de la ventilation additionnelle, conformément aux normes en vigueur ;

- le franchissement du deuxième seuil (soit 1 000 ppm dans les endroits où le personnel d'exploitation est toujours présent, soit 4 000 ppm dans le cas contraire) entraîne, en plus des dispositions précédentes, la mise en sécurité des installations, une alarme audible en tous points de l'établissement et, le cas échéant, une transmission à distance vers une personne techniquement compétente.

**On retiendra le premier seuil à 500 ppm, qui répond aussi à l'EN 378, ainsi on respectera les deux préconisations, avec un deuxième seuil à 1 000 ppm.**

- **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.

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

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

#### 4.6.5. Mesures de protection / limitation vis-à-vis de la pollution

☒ L'**annexe 6** précise pour chacune des fonctions indiquées dans ce paragraphe les exigences réglementaires (textes et articles associés) et les mesures indicatives ou obligatoires issues des normes.

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

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

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

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

#### 4.6.6. Système de régulation et de contrôle

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

- Prévention des coups de liquide : niveau haut sur bouteille BP ou MP ;
- Prévention des dépressions sur bouteilles BP et MP ;
  - ✓ Transmetteur de pression / Pressostat (pression basse) sur bouteille BP ou MP ;
  - ✓ Transmetteur de pression / Pressostat (pression basse) sur compresseur ;
  - ✓ Les transmetteurs de pression 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.

#### 4.6.7. 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 la salle des machines soit conforme aux normes en vigueur (article 3) et que le seuil de déclenchement de la détection ammoniac soit conforme aux normes en vigueur (article 42).**

Numérotation des mesures	Intitulé général des bonnes pratiques et des mesures de sécurité en prévention
<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 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 salle des machines ne sera pas utilisée comme lieu de stockage de matières inflammables
<b>I4</b>	3.14	Détection incendie et alarmes en 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)
<b>T4</b>	4.3	Système d'arrêt automatique de la 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 ATEX en SDM
<b>T12</b>	4.4.5	Ventelles dynamiques sur les entrées d'air de la SDM
<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 la 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 de la 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

## 4.7. Les locaux et zones d'implantation

Ce chapitre présente les caractéristiques des locaux et zones d'implantation.

### 4.7.1. Salle des machines

L'installation de réfrigération est implantée dans une salle des machines dédiée, avec restriction d'accès aux personnes autorisées.

La salle des machines répond aux exigences de conception définies dans les normes relatives aux systèmes de réfrigération et pompes à chaleur (chapitre 5 de la norme NF EN 378-3).

Les dimensions de la salle des machines sont :

Dimensions	
<b>Surface</b>	117 (m <sup>2</sup> )
<b>Hauteur</b>	7,5 (m)
<b>Volume</b>	878 (m <sup>3</sup> ) + 30 (m <sup>3</sup> ) pour l'édicule des condenseurs évaporatif.

**Tableau 2** : Dimensions de la salle des machines

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

La salle des machines 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>	650 (mm)
<b>Hauteur du rejet</b>	10,0 (m)
<b>Rejet</b>	Vertical
<b>Position du rejet</b>	En partie haute de la SDM
<b>Débit d'extraction sécurité ammoniac</b>	5 600 (m <sup>3</sup> /h) maximum
<b>Débit de ventilation normale (en phase finale)</b>	20 000 (m <sup>3</sup> /h)

**Tableau 3** : Caractéristiques de la ventilation SDM

### 4.7.2. Plateforme de condensation

Le condenseur est implanté à l'extérieur de la salle des machines en terrasse, ce qui les met à l'abri des chocs éventuels. De plus il est réalisé un édicule entre les condenseurs (évaporatif et à air) servant de barrière passive.

La localisation par rapport à la salle des machines permet de minimiser les longueurs de tuyauteries.

## 5. Potentiels de dangers

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel. Le danger peut être lié aux caractéristiques des substances, aux conditions de fonctionnement, etc...

### 5.1. Potentiels de dangers liés aux produits

#### 5.1.1. 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.

##### 5.1.1.1. 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.

### 5.1.1.2. 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

### 5.1.1.3. 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

### 5.1.1.4. Dangers pour l'environnement

L'ammoniac est dangereux pour l'environnement. Il est très toxique pour les organismes aquatiques.

### 5.1.1.5. 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.

### 5.1.2. Autres produits

Il n'y aura pas d'autres produits entreposés dans la salle des machines.

## 5.2. 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.

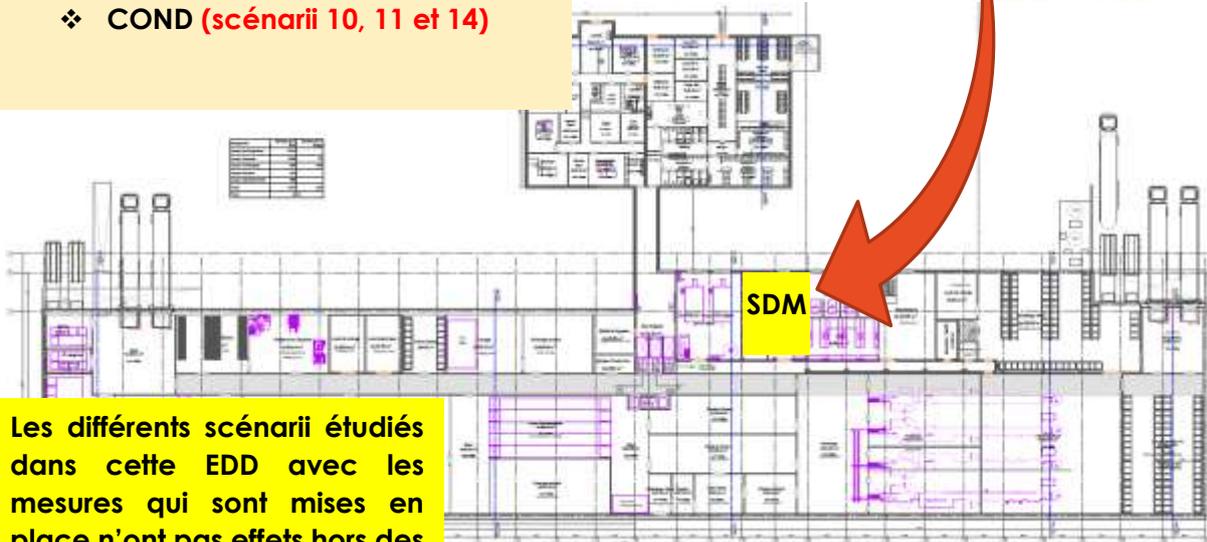
Le tableau suivant présente une identification des dangers liés aux procédés obtenue sur la base d'un travail préalable aux analyses de risques. Les événements redoutés sont bien évidemment les pertes de confinement de l'ammoniac.

Equipement	Conditions opératoires	Evènement 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

### 5.3. Cartographie des potentiels de dangers



- Zone de dangers potentiels :**
- ❖ SDM (scénarii 12, 13, et 15)
  - ❖ COND (scénarii 10, 11 et 14)



Les différents scénarii étudiés dans cette EDD avec les mesures qui sont mises en place n'ont pas effets hors des limites de propriété du site de SO'HAM (19)

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 5.4. 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 à la SDM. La quantité d'ammoniac est réduite au minimum suivant les options suivantes :

- Les sorties liquides des condenseurs évaporatifs sont équipés de flotteur type WITT, ce qui permet de minimiser la longueur des tuyauteries liquide HP.
- La production d'eau glycolée est avec un système flood (thermosiphon). Avec l'ammoniac liquide présent que dans le pot d'alimentation des échangeurs à plaques pour minimiser la quantité d'ammoniac dans la bouteille MP.
- 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 AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 6. Retour d'expérience

---

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

### 6.1. 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, combles, utilisateurs...).

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

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 7. 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.

### 7.1. Causes externes

#### 7.1.1. Causes exclues de l'étude de dangers

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

- Chute de météorite ;
- Séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées ;
- Crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur ;
- Événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur ;
- Chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes) ;
- Rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R.214-112 du Code de l'environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214- 113 du même code ;
- Actes de malveillance.

#### 7.1.2. Causes génériques d'origine naturelle

Les causes d'agressions d'origine naturelle suivantes sont traitées dans les paragraphes suivants.

##### 7.1.2.1. Séisme

##### 7.1.2.2. Neige et vent

##### 7.1.2.3. Foudre

##### 7.1.2.4. Inondation

Ces chapitres sont traités dans les dossier soumis à déclaration (installation > 1 500 kg d'ammoniac) dans le dossier ICPE global.

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

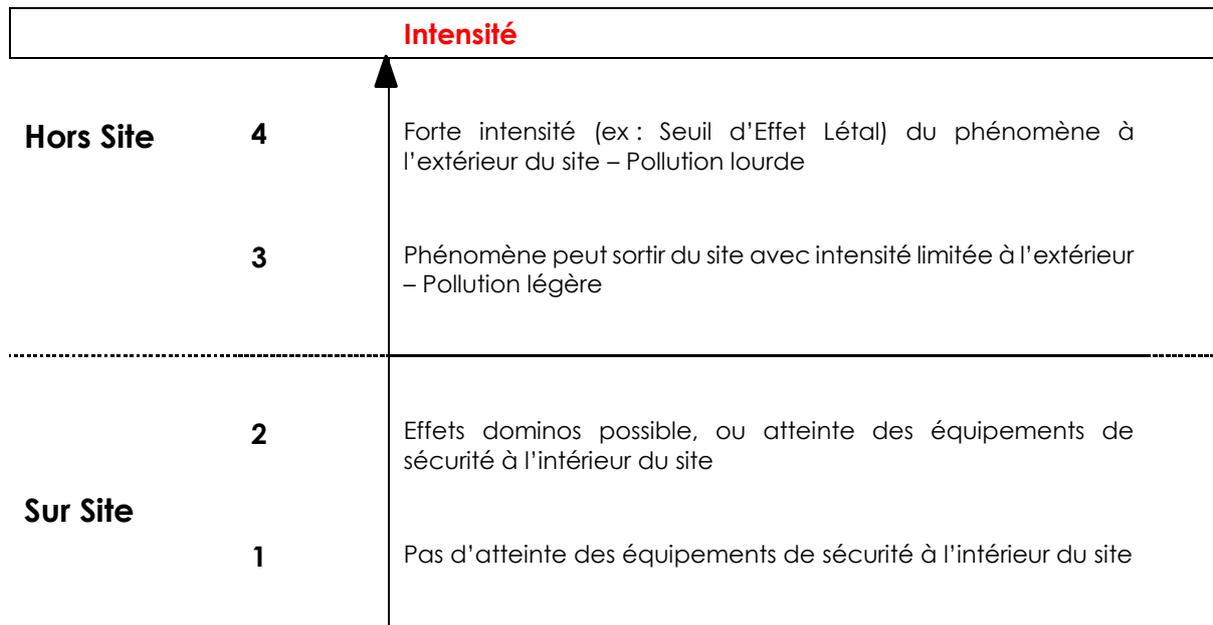
## 7.2. Causes internes liées au procédé

### 7.2.1. 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.

### 7.2.1.1. Déroulement et échelle de cotation utilisée



**Tableau 6** : échelle des intensités adoptée dans l'APR

### 7.2.1.2. 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 AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

### 7.3. Phénomènes dangereux retenus au terme de l'APR

Les **événements redoutés centraux** retenus au terme de l'analyse des risques sont les suivants :

- **Pertes de confinement sur les tuyauteries (10,11)**, en dehors de la salle des machines et à l'extérieur de la salle des machines (terrasse, utilisateurs et/ou liaison vers utilisateurs) ; les fuites sont possibles en amont et en aval des équipements (compresseur, condenseur, évaporateur, pompe...). Les tailles de brèche retenues sont la rupture guillotine et la « brèche » :
  - ✓ La rupture guillotine peut être due à des chocs, des effets dominos, des surpressions, etc...
  - ✓ La « brèche » peut être due à des chocs, des surpressions, des ouvertures de vannes sur le circuit, de la corrosion, des vibrations, etc...
- **Pertes de confinement sur les échangeurs (14)** (condenseurs, évaporateurs) : les tailles de brèche retenues sont la ruine et la « petite brèche » :
  - ✓ La ruine peut être due à des chocs, des effets dominos, des surpressions...
  - ✓ La « brèche » peut correspondre à des chocs, des surpressions, des ouvertures de vannes sur l'équipement, etc....
- **Perte de confinement au niveau de soupapes (15) :**
  - ✓ 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 événements redoutés centraux retenus, les phénomènes dangereux retenus sont :

- La dispersion toxique ;
- L'explosion en cas de rejet en zone confinée (salle des machines, édicule condenseurs).

La pollution n'est pas retenue dans l'étude de dangers dans la mesure où la rétention dans la salle des machines permet de recueillir les éventuels épandages et car l'ammoniac est facilement biodégradable.

**Note :** *d'autres événements sont susceptibles de se produire en cas de perte de confinement sur des échangeurs (pollution du réseau, contamination du circuit d'huile au niveau des réfrigérants d'huile). Mais ces événements ne conduisent pas à des accidents majeurs et ne sont pas retenus.*

## 8. Caractérisation de l'intensité des phénomènes dangereux

Ce chapitre présente les principes d'évaluation des intensités des phénomènes dangereux et fournit les distances d'effet pour les phénomènes retenus dans l'étude de dangers.

Il s'articule en trois parties :

- Sélection des phénomènes dangereux à modéliser ;
- Principales hypothèses de modélisation ;
- Intensités des phénomènes dangereux modélisés.

### 8.1. Sélection des phénomènes dangereux à modéliser

L'analyse préliminaire des risques a identifié les phénomènes dangereux pouvant potentiellement avoir des effets à l'extérieur du site ou conduire à des effets dominos (cf. chapitre 7.3).

Parmi ces phénomènes, une sélection a été faite pour identifier ceux qui font l'objet d'une modélisation des effets.

#### ❖ Famille de phénomènes par zone géographique

Les phénomènes ont été d'abord classés par « famille » selon la localisation des équipements :

On distingue ainsi les pertes de confinement sur des équipements situés dans les zones et locaux différents. La distinction s'appuie sur le fait que les effets peuvent être très différents, soit parce que le rejet se fait directement à l'extérieur, soit parce que les enjeux ne sont pas localisés de la même manière ou encore parce que les causes d'accident peuvent être différentes. Les zones suivantes ont été étudiées successivement :

- Extérieur (terrasse ou au sol) ;
- Salle des machines ;

#### ❖ 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).

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 8.2. 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.

## 8.3. Intensité des phénomènes dangereux

### 8.3.1. Seuils d'effets sur l'homme

Les seuils retenus sont définis par l'arrêté du 29 septembre 2005.

#### 8.3.1.1. Effets toxiques

Les valeurs de référence de seuils d'effets toxiques pour l'homme, par inhalation, sont les suivantes :

- 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% 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 ».

#### 8.3.1.2. 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.

### 8.3.1.3. 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

### 8.3.2. 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 AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

### 8.3.3. 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'EDD.

Ces scénarii ont été tirés du résultat de l'AMDEC à partir des DMC (défaillance moyennement critique) et des DC (défaillance critique).

☒ L'**annexe 5** apporte les justificatifs sur les scénarii retenus.

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.

<b>Scénario</b>  <b>10</b>	<b>Rupture du collecteur (ou un des accessoires montés sur ce collecteur) en gaz HP entre les compresseurs et le condenseur accolé à la SDM (via l'édicule) ; fuite à l'intérieur dans l'édicule et dans la salle des machines puis extraction par le ventilateur extracteur commun à la SDM et l'édicule condenseur.</b>	<b>Fuite en intérieur</b>
<b>Origine possible</b>	<p>Une montée anormale de pression liée à un dysfonctionnement de régulation ou un mauvais réglage ;</p> <p>Une rupture par chocs (lors de travaux) ;</p> <p>Une rupture suite à un défaut « caché » de fabrication ou conception.</p>	
<b>Diamètre</b>	Rupture d'une canalisation gaz HP à l'entrée d'un condenseur	<b>107.1 mm</b>
<b>Pression</b>	Pression absolue régnant dans cette canalisation est la pression de condensation de l'ammoniac avec des conditions climatiques « été » pour effet majorant	<b>+41 °C</b> <b>15,98 bars</b>
<b>Débit masse ammoniac</b>	Cette pression est maintenue par le fonctionnement de l'ensemble des compresseurs MP qui pour un régime nominal de fonctionnement ont un débit massique total refoulé vers les condenseurs.	<b>3,1 Kg/s</b>
<b>Quantité ammoniac</b>	En aval de la rupture, la charge d'ammoniac liquide directement mise en jeu se situe dans le condenseur et ses tuyauteries associées.	<b>66 kg</b>
<b>Hauteur de rejet</b>	Hauteur du point de réjection de l'extracteur de sécurité ammoniac – via un conduit cheminé	<b>10 m</b>
<b>Temps de réaction</b>	Temps de réaction du système de détection pour atteindre le 2 <sup>ème</sup> seuil. Au 2 <sup>ème</sup> seuil toute l'installation frigorifique s'arrête en sécurité et la ventilation ATEX d'extraction de la salle des machines continue à être opérationnelle, ce, depuis le 1 <sup>er</sup> seuil. Les services de maintenance, déjà avertis au 1 <sup>er</sup> seuil sont à nouveau alertés au 2 <sup>ème</sup> seuil.	<b>30 Sec.</b>
<b>Débit extracteur</b>	Débit maximum unitaire de l'extracteur de sécurité ammoniac (mis en service au 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>ème</sup> seuil de la détection)	<b>5 600 m<sup>3</sup>/h</b>

Résultats des distances d'effets du scénario supra	En DF3	En DF5
<b>DEL (ex Z1)</b>	< 10 m	< 10 m
<b>DEI (ex Z2)</b>	< 10 m	< 10 m

La valeur « < 10 m », en distance horizontale signifie que les doses des Effets Létaux (SEL) ou des Effets Irréversibles (SEI) ne sont pas perçues au sol.

Pour l'ensemble des scénarii, le rayon des distances des effets létaux ou irréversibles reste dans les limites de propriété de SO'HAM Brive La Gaillarde (19).

<b>Scénario</b>  <b>11</b>	<b>Rupture du collecteur (ou un des accessoires montés sur ce collecteur) en liquide HP à la sortie du condenseur évaporatif accolé à la SDM (via l'édicule) ; fuite à l'intérieur dans l'édicule et dans la salle des machines puis extraction par le ventilateur extracteur commun à la SDM et l'édicule condenseur.</b>	<b>Fuite en intérieur</b>
<b>Origine possible</b>	<p>Une montée anormale de pression liée à un dysfonctionnement de régulation ou un mauvais réglage ;</p> <p>Une rupture par chocs (lors de travaux) ;</p> <p>Une rupture suite à un défaut « caché » de fabrication ou conception.</p>	
<b>Diamètre</b>	Rupture d'une canalisation liquide HP à sortie d'un condenseur, ici le collecteur liquide principal retournant au réservoir liquide dans la SDM.	<b>70,3 mm</b>
<b>Pression</b>	Pression absolue régnant dans cette canalisation est la pression de condensation de l'ammoniac avec des conditions climatiques « été » pour effet majorant	<b>+41 °C</b> <b>15,98 bars</b>
<b>Débit masse ammoniac</b>	Cette pression est maintenue par le fonctionnement de l'ensemble des compresseurs MP qui pour un régime nominal de fonctionnement ont un débit massique total refoulé vers les condenseurs.	<b>3,1 Kg/s</b>
<b>Quantité ammoniac</b>	En aval de la rupture, la charge d'ammoniac liquide directement mise en jeu se situe dans les condenseurs et ses tuyauteries associées.	<b>66 kg</b>
<b>Hauteur de rejet</b>	Hauteur du point de réjection de l'extracteur de sécurité ammoniac – via un conduit cheminé	<b>10 m</b>
<b>Temps de réaction</b>	Temps de réaction du système de détection pour atteindre le 2 <sup>ème</sup> seuil. Au 2 <sup>ème</sup> seuil toute l'installation frigorifique s'arrête en sécurité et la ventilation ATEX d'extraction de la salle des machines continue à être opérationnelle, ce, depuis le 1 <sup>er</sup> seuil. Les services de maintenance, déjà avertis au 1 <sup>er</sup> seuil sont à nouveau alertés au 2 <sup>ème</sup> seuil.	<b>30 Sec.</b>
<b>Débit extracteur</b>	Débit maximum unitaire de l'extracteur de sécurité ammoniac (mis en service au 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>ème</sup> seuil de la détection)	<b>5 600 m<sup>3</sup>/h</b>

Résultats des distances d'effets du scénario supra	En DF3	En DF5
<b>DEL (ex Z1)</b>	< 10 m	< 10 m
<b>DEI (ex Z2)</b>	< 10 m	< 10 m

La valeur « < 10 m », en distance horizontale signifie que les doses des Effets Létaux (SEL) ou des Effets Irréversibles (SEI) ne sont pas perçues au sol.

Pour l'ensemble des scénarii, le rayon des distances des effets létaux ou irréversibles reste dans les limites de propriété de SO'HAM Brive La Gaillarde (19).

<b>Scénario</b>	<b>Rupture d'une canalisation (ou un des accessoires montés sur cette canalisation) liquide en dessous de la bouteille BP ; fuite à l'intérieur de la salle des machines puis extraction par le ventilateur extracteur de la salle des machines. <u>INSTALLATION EN FONCTIONNEMENT.</u></b>		<b>Fuite en intérieur</b>
<b>12</b>			
<b>Origine possible</b>	Une montée anormale de pression liée à un dysfonctionnement de régulation ou un mauvais réglage ; Une rupture par chocs (lors de travaux) ; Une rupture suite à un défaut « caché » de fabrication ou conception. Une erreur humaine lors d'une opération de maintenance		
<b>Diamètre</b>	Rupture d'une canalisation liquide BP en partie basse de la bouteille BP au refoulement des pompes ammoniac.	<b>55,1</b>	<i>mm</i>
<b>Pression</b>	Pression absolue régnant dans cette canalisation est la pression au refoulement des pompes ammoniac.	<b>-11</b>	<i>°C</i> <b>2,79</b> <i>bars</i>
<b>Débit masse ammoniac</b>	Cette pression est maintenue par la hauteur de liquide nécessaire à la recirculation d'ammoniac sur les échangeurs à plaques.	<b>3,1</b>	<i>Kg/s</i>
<b>Quantité ammoniac</b>	En amont de la rupture, la charge d'ammoniac liquide directement mise en jeu se situe dans la bouteille MP. Ici charge majorante, car en fonctionnement une partie de l'ammoniac est en circulation dans les échangeurs.	<b>1 170</b>	<i>kg</i>
<b>Hauteur de rejet</b>	Hauteur du point de réjection de l'extracteur de sécurité ammoniac – via un conduit cheminé	<b>10,0</b>	<i>m</i>
<b>Temps de réaction</b>	Temps de réaction du système de détection pour atteindre le 2 <sup>ème</sup> seuil. Au 2 <sup>ème</sup> seuil toute l'installation frigorifique s'arrête en sécurité et la ventilation ATEX d'extraction de la salle des machines continue à être opérationnelle, ce, depuis le 1 <sup>er</sup> seuil. Les services de maintenance, déjà avertis au 1 <sup>er</sup> seuil sont à nouveau alertés au 2 <sup>ème</sup> seuil.	<b>30</b>	<i>Sec.</i>
<b>Débit extracteur</b>	Débit maximum unitaire de l'extracteur de sécurité ammoniac (mis en service au 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>ème</sup> seuil de la détection)	<b>5 600</b>	<i>m<sup>3</sup>/h</i>

Résultats des distances d'effets du scénario supra	En DF3	En DF5
<b>DEL (ex Z1)</b>	< 10 m	< 10 m
<b>DEI (ex Z2)</b>	< 10 m	< 10 m

La valeur « < 10 m », en distance horizontale signifie que les doses des Effets Létaux (SEL) ou des Effets Irréversibles (SEI) ne sont pas perçues au sol.

Pour l'ensemble des scénarii, le rayon des distances des effets létaux ou irréversibles reste dans les limites de propriété de SO'HAM Brive La Gaillarde (19).

<b>Scénario</b>  <b>13</b>	<b>Rupture d'une canalisation (ou un des accessoires montés sur cette canalisation) liquide en dessous de la bouteille BP ; fuite à l'intérieur de la salle des machines puis extraction par le ventilateur extracteur de la salle des machines. <u>INSTALLATION A L'ARRET.</u></b>	<b>Fuite en intérieur</b>
<b>Origine possible</b>	Une montée anormale de pression liée à un dysfonctionnement de régulation ou un mauvais réglage ; Une rupture par chocs (lors de travaux) ; Une rupture suite à un défaut « caché » de fabrication ou conception. Une erreur humaine lors d'une opération de maintenance	
<b>Diamètre</b>	Rupture d'une canalisation liquide BP à l'entrée d'un condenseur	<b>55,1 mm</b>
<b>Pression</b>	Pression absolue régnant dans cette canalisation est la pression de saturation à l'arrêt considéré.	<b>+10 °C</b> <b>6,15 bars</b>
<b>Débit masse ammoniac</b>	Cette pression de fuite est maintenue par la remontée en pression du fait de l'arrêt de l'installation.	
<b>Quantité ammoniac</b>	En aval de la rupture, la charge d'ammoniac liquide directement mise en jeu se situe dans la bouteille MP.	<b>1 170 kg</b>
<b>Hauteur de rejet</b>	Hauteur du point de réjection de l'extracteur de sécurité ammoniac – via un conduit cheminé	<b>10,0 m</b>
<b>Temps de réaction</b>	Temps de réaction du système de détection pour atteindre le 2 <sup>ème</sup> seuil. Au 2 <sup>ème</sup> seuil toute l'installation frigorifique s'arrête en sécurité et la ventilation ATEX d'extraction de la salle des machines continue à être opérationnelle, ce, depuis le 1 <sup>er</sup> seuil. Les services de maintenance, déjà avertis au 1 <sup>er</sup> seuil sont à nouveau alertés au 2 <sup>ème</sup> seuil.	<b>30 Sec.</b>
<b>Débit extracteur</b>	Débit maximum unitaire de l'extracteur de sécurité ammoniac (mis en service au 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>ème</sup> seuil de la détection)	<b>5 600 m<sup>3</sup>/h</b>

Résultats des distances d'effets du scénario supra	En DF3	En DF5
<b>DEL (ex Z1)</b>	< 10 m	< 10 m
<b>DEI (ex Z2)</b>	< 10 m	< 10 m

La valeur « < 10 m », en distance horizontale signifie que les doses des Effets Létaux (SEL) ou des Effets Irréversibles (SEI) ne sont pas perçues au sol.

Pour l'ensemble des scénarii, le rayon des distances des effets létaux ou irréversibles reste dans les limites de propriété de SO'HAM Brive La Gaillarde (19).

<b>Scénario</b>  <b>14</b>	<b>Fuite de gaz HP à l'intérieur du condenseur en fonctionnement à sec.</b>	<b>Fuite en extérieur</b>
<b>Origine possible</b>	Une montée anormale de pression liée à un dysfonctionnement de régulation ou un mauvais réglage ; Une rupture par chocs (lors de travaux) ; Une rupture suite à un défaut « caché » de fabrication ou conception. La corrosion dans un milieu chaud et humide	
<b>Diamètre</b>	Rupture d'un faisceau de tubes des condenseurs.	<b>23,37</b> mm
<b>Pression</b>	Pression absolue régnant dans cette canalisation est la pression de condensation de l'ammoniac avec des conditions climatiques « été » pour effet majorant	<b>+41</b> °C <b>15,98</b> bars
<b>Débit masse ammoniac</b>	Cette pression est maintenue par le fonctionnement de l'ensemble des compresseurs MP qui pour un régime nominal de fonctionnement ont un débit massique total refoulé vers les condenseurs.	<b>3,1</b> Kg/s
<b>Quantité ammoniac</b>	En aval de la rupture, la charge d'ammoniac liquide directement mise en jeu se situe dans le condenseur.	<b>66</b> kg
<b>Hauteur de rejet</b>	Hauteur du point de réjection du haut du condenseur évaporatif.	<b>11,0</b> m
<b>Temps de réaction</b>	Temps de réaction du système de détection pour atteindre le 2 <sup>ème</sup> seuil. Au 2 <sup>ème</sup> seuil toute l'installation frigorifique s'arrête en sécurité et la ventilation ATEX d'extraction de la salle des machines continue à être opérationnelle, ce, depuis le 1 <sup>er</sup> seuil. Les services de maintenance, déjà avertis au 1 <sup>er</sup> seuil sont à nouveau alertés au 2 <sup>ème</sup> seuil.	<b>30</b> Sec.
<b>Débit extracteur</b>	Pas d'extracteur.	

Résultats des distances d'effets du scénario supra	En DF3	En DF5
<b>DEL (ex Z1)</b>	< 10 m	< 10 m
<b>DEI (ex Z2)</b>	< 10 m	< 10 m

La valeur « < 10 m », en distance horizontale signifie que les doses des Effets Létaux (SEL) ou des Effets Irréversibles (SEI) ne sont pas perçues au sol.

Pour l'ensemble des scénarii, le rayon des distances des effets létaux ou irréversibles reste dans les limites de propriété de SO'HAM Brive La Gaillarde (19).

<b>Scénario</b>  <b>15</b>	<b>Echappement par les soupapes de sécurité bloquées ouvertes sur le séparateur de liquides MP + les condenseurs</b>	<b>Fuite en intérieur</b>
<b>Origine possible</b>	Une montée anormale de pression liée à un dysfonctionnement de régulation ou un mauvais réglage ; Une rupture suite à un défaut « caché » de fabrication ou conception. Un mauvais étalonnage de soupapes.	
<b>Pression</b>	Pression absolue régnant dans cette canalisation est la pression de condensation de l'ammoniac avec des conditions climatiques « été » pour effet majorant	<b>+41</b> °C <b>15,98</b> bars
<b>Débit masse ammoniac</b>	Débit théorique des soupapes de sécurités cumulés (calculés suivant l'EN 13136, ainsi que le collecteur d'évacuation)	<b>0,930</b> Kg/s
<b>Quantité ammoniac</b>	Quantité d'ammoniac cumulé correspondant à la charge de l'installation (HP, MP et BP).	<b>1 170</b> kg
<b>Hauteur de rejet</b>	Hauteur du point de réjection de l'extracteur de sécurité ammoniac – via un conduit cheminé	<b>10,0</b> m
<b>Temps de réaction</b>	Temps de réaction du système de détection pour atteindre le 2 <sup>ème</sup> seuil. Au 2 <sup>ème</sup> seuil toute l'installation frigorifique s'arrête en sécurité et la ventilation ATEX d'extraction de la salle des machines continue à être opérationnelle, ce, depuis le 1 <sup>er</sup> seuil. Les services de maintenance, déjà avertis au 1 <sup>er</sup> seuil sont à nouveau alertés au 2 <sup>ème</sup> seuil.	<b>30</b> Sec.
<b>Débit extracteur</b>	Débit maximum unitaire de l'extracteur de sécurité ammoniac (mis en service au 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>ème</sup> seuil de la détection)	<b>5 600</b> m <sup>3</sup> /h

Résultats des distances d'effets du scénario supra	En DF3	En DF5
<b>DEL (ex Z1)</b>	< 10 m	< 10 m
<b>DEI (ex Z2)</b>	< 10 m	< 10 m

La valeur « < 10 m », en distance horizontale signifie que les doses des Effets Létaux (SEL) ou des Effets Irréversibles (SEI) ne sont pas perçues au sol.

Pour l'ensemble des scénarii, le rayon des distances des effets létaux ou irréversibles reste dans les limites de propriété de SO'HAM Brive La Gaillarde (19).

## 9. Caractérisation de la gravité des accidents potentiels

### 9.1. 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.

### 9.2. 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.

## 10. Caractérisations des probabilités d'occurrence

Ce chapitre explicite la méthode utilisée pour évaluer la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux et des accidents majeurs.

### 10.1. 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 AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 10.2. Détermination des probabilités d'occurrence des PhD de dispersion toxique

### 10.2.1. 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 ;
- Evaporateurs : à plaques.

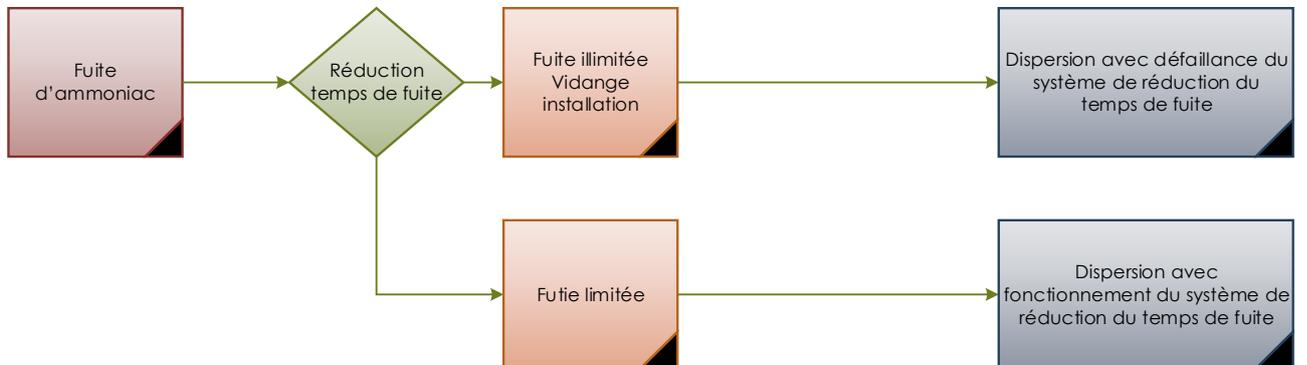
### 10.2.2. Evaluation de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux

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

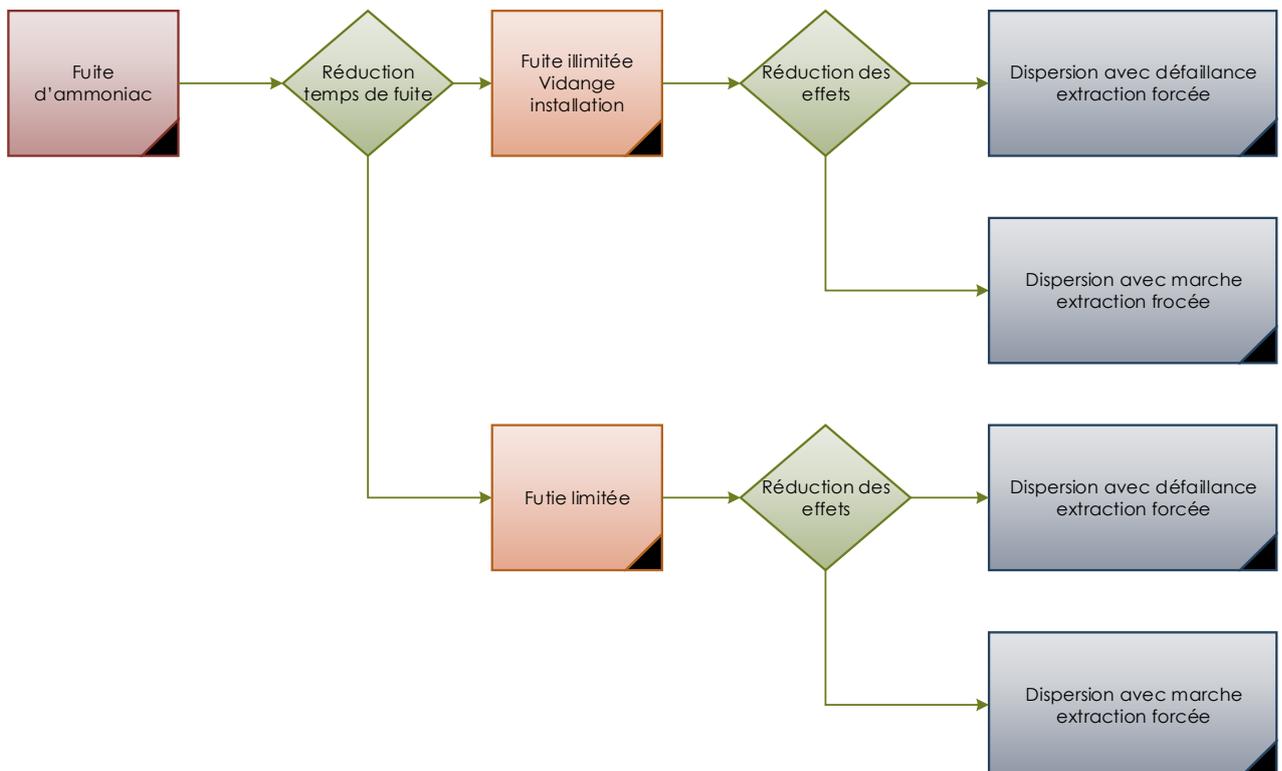
- De la fréquence de l'ERC (voir § 10.2.1)
- De la probabilité de défaillance des mesures de maîtrise des risques de limitation des effets (cf. § 10.2.3).

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 la salle des machines :**



Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

### 10.2.3. 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	2
<b>Fermeture automatique des portes</b>	X			Sans objet	1	2
<b>Cuvette de rétention dans locaux</b>	X			Sans objet	1	2
<b>Cheminée d'extraction air ammoniaqué</b>	X			Sans objet	1	4
<b>Disposition du matériel à l'intérieur de locaux</b>	X			Sans objet	1	4
<b>Calcul des circuits selon normes en vigueur</b>	X			Sans objet	1	4
<b>Ventilateur d'extraction d'air ammoniaqué dans cheminée</b>		X		Sans objet	30	3
<b>Tour d'abattage NH3 dans laveur d'air</b>		X	Oui		30	1
<b>Pressostat de sécurité type double soufflet</b>		X		Sans objet	1	3
<b>Soupape de sécurité</b>		X		Sans objet	1	3
<b>Vannes de décharge en décompression</b>		X		Sans objet	1	3
<b>Clapet anti-retour</b>		X		Sans objet	1	2
<b>Bouton arrêt d'urgence</b>		X		Sans objet	1	3
<b>Niveau électrique de sécurité</b>		X		Sans objet	1	2
<b>Détecteur incendie avec capteurs</b>		X	Oui		30	3
<b>Détecteur NH3</b>		X		Sans objet	15	3
<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

#### 10.2.4. 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 (scénarii).

Zone géographique	ERC	PhD retenus
<b>Extérieur</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 ammoniaqué).
<b>Edicule des condenseurs</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.
<b>Salle des machines</b>	Perte de confinement sur la bouteille MP/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.

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

### 10.3. 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 (salle des machines, combles, utilisateurs) est possible.

La probabilité de l'explosion fait intervenir la fréquence de fuite dans le local (engendrant une concentration suffisante pour créer les conditions d'inflammabilité) et la probabilité de l'inflammation retardée.

La fréquence de fuite dans le local est détaillée dans l'annexe 9 dans le tableau 9.5.

La probabilité d'inflammation retenue est  $10^{-2}$ .

Cette valeur est retenue car l'ammoniac est faiblement réactif et que des détecteurs d'ammoniac sont installés dans les lieux potentiels de fuite avec coupure des alimentations électriques non dimensionnées pour une utilisation en atmosphère explosible.

### 10.4. 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.

## 11. Caractérisation de la cinétique des évènements

---

L'ensemble des phénomènes dangereux et accidents majeurs retenus dans la présente étude de dangers sont à cinétique rapide.

Il est à noter que l'adéquation de la cinétique de mise en œuvre des barrières de sécurité et de la cinétique des phénomènes dangereux conduisant aux accidents majeurs potentiels a été prise en compte.

Ainsi :

- Les barrières ont été retenues comme barrière de sécurité, sous réserve d'un temps de réponse compatible avec la cinétique des accidents ;
- Les temps de réponse des barrières de sécurité ont été pris en compte pour déterminer les intensités des phénomènes dangereux intégrant le fonctionnement des barrières (durée d'isolement, durée de démarrage de l'extraction forcée...).

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 12. Effets dominos

---

### 12.1. 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 (vanelles, interstices sous les portes...).

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

On retiendra ici, la proximité avec le local chaufferie. Il sera demandé une interconnexion des alarmes entre le local ammoniac et le local chaufferie. Un capteur ammoniac supplémentaire sera installé dans le local chaufferie, et ainsi en cas de déclenchement du capteur, un arrêt impératif de la chaufferie avec fermeture de l'arrivée gaz.

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

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

## 13. Bilan des phénomènes dangereux et des accidents majeurs

### 13.1. Tableau de synthèse des phénomènes dangereux et accidents majeurs

Ce chapitre synthétise les caractéristiques de l'ensemble des phénomènes dangereux et accidents majeurs identifiés dans l'étude de dangers. Par souci de simplification, un seul tableau a été retenu qui regroupe pour chaque phénomène dangereux et accident majeur associé :

- 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.

PhD	Commentaires	Classe proba	Distances d'effet (m)			Cinétique	Gravité
			SELS	SEL (Z1)	SEI (Z2)		
10	Rupture du collecteur en gaz HP entre compresseurs et les condenseurs dans l'édicule	D	< 10	< 10	< 10	Détecteurs d'ammoniac pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement de tous les circuits de la SDM et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.	Sérieux
11	Rupture du collecteur en liquide HP à la sortie du condenseur dans l'édicule	D	< 10	< 10	< 10	Détecteurs d'ammoniac pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement de tous les circuits de la SDM et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.	Sérieux

12	Rupture d'une canalisation liquide en dessous de la bouteille BP – Installation en fonctionnement	D	< 10	< 10	< 10	Détecteurs d'ammoniac pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement de tous les circuits de la SDM et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.	Sérieux
13	Rupture d'une canalisation liquide en dessous de la bouteille BP – Installation à l'arrêt	D	< 10	< 10	< 10	Détecteurs d'ammoniac pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement de tous les circuits de la SDM et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.	Sérieux
14	Rupture d'un tube à l'intérieur du condenseur en extérieur	D	< 10	< 10	< 10	Détecteurs d'ammoniac (pH mètre) pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement de tous les circuits de la SDM et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.	Sérieux
15	Relâchement des soupapes de sécurité	D	< 10	< 10	< 10	Rejet à l'atmosphère via la cheminée d'extraction dont la sortie est à <b>13,0 m</b> de hauteur par rapport au niveau du sol. Détection d'ammoniac avec le capteur rejet soupapes. <b>Un périmètre de sécurité incendie serait également mis en place.</b>	Sérieux

## 13.2. 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.

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>	<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>2</b> 31	<b>0</b> 32	<b>0</b> 33	<b>0</b> 34	<b>0</b> 35
<b>Sérieux (2)</b>	<b>12</b> 21	<b>51</b> 22	<b>0</b> 23	<b>0</b> 24	<b>0</b> 25
<b>Modéré (1)</b>	<b>1</b> 11	<b>10</b> 12	<b>0</b> 13	<b>0</b> 14	<b>0</b> 15

L'étude de dangers démontre que les conditions d'acceptabilité sont satisfaites.

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

Les phénomènes dangereux permettent d'élaborer le Porter à Connaissance (cf. Circulaire du 4 mai 2007).

Les phénomènes dangereux étudiés et maîtrisés dans cette EDD maintenus pour le Porter à Connaissance sont les suivants :

PhD	Désignations
10	Rupture du collecteur en gaz HP entre compresseurs et les condenseurs dans l'édicule
11	Rupture du collecteur en liquide HP à la sortie du condenseur dans l'édicule
12	Rupture d'une canalisation liquide en dessous de la bouteille BP – Installation en fonctionnement
13	Rupture d'une canalisation liquide en dessous de la bouteille BP – Installation à l'arrêt
14	Rupture d'un tube à l'intérieur du condenseur en extérieur
15	Relâchement des soupapes de sécurité

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 14. Résumé non technique et cartographies des effets

---

### 14.1. 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 **SO'HAM** situé sur la commune de Brive La Gaillarde (19).

L'installation est soumise à **Déclaration** ; sa capacité en ammoniac est **1 170 kg**.

L'étude s'inscrit dans une demande :

- o De dossier ICPE (installation de moins de 1 500 kg d'ammoniac) et répondant en conformité à l'arrêté du 19 novembre 2009, modifié par l'Arrêté du 29 mai 2015 ;
- o La démarche

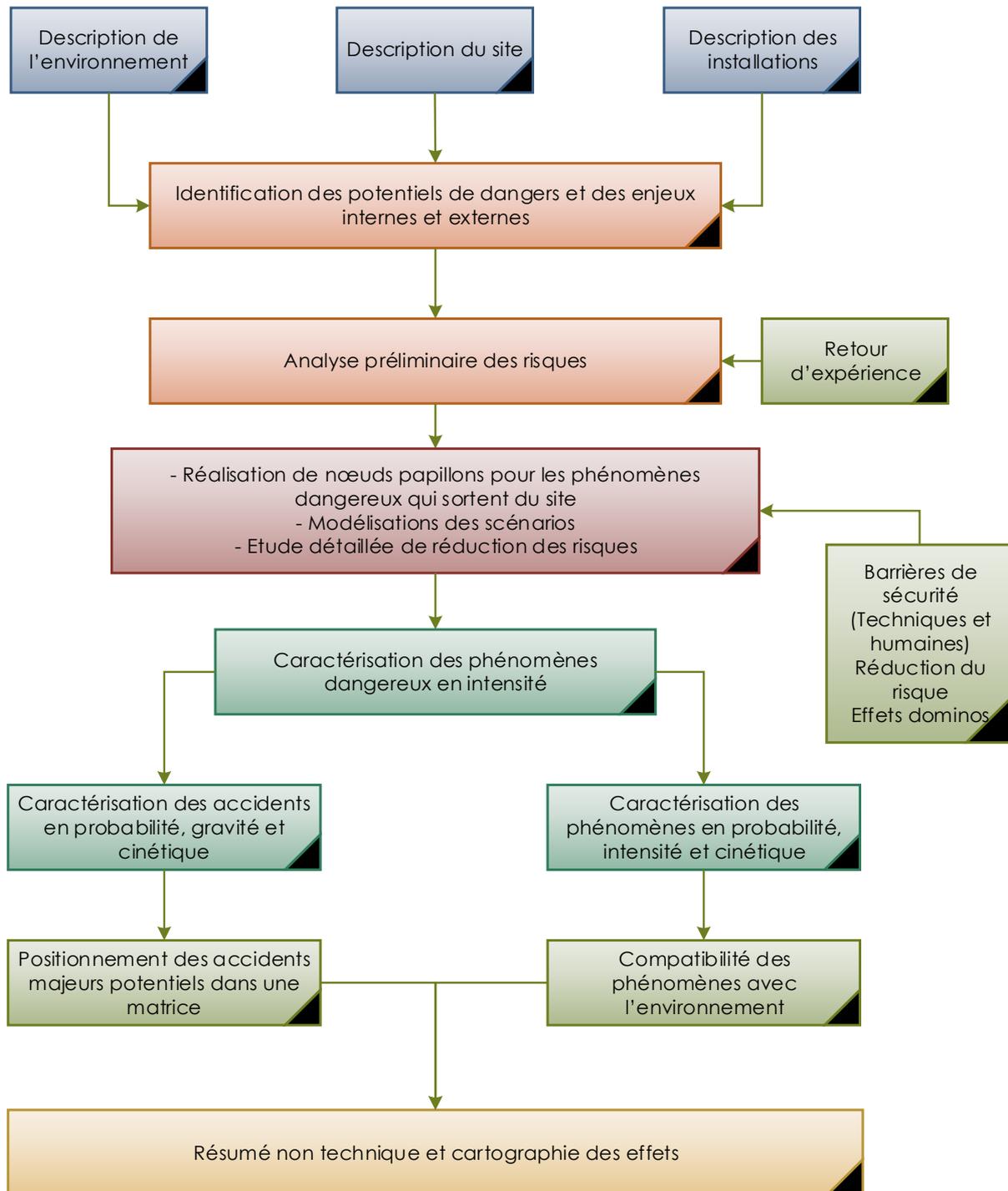
SO'HAM a souhaité faire une Analyse Méthodique des Risques (AMR) complète de sa nouvelle installation de Brive La Gaillarde (19).

La démarche suivie est celle d'une étude de danger pour être le plus complet possible.

Analyse Préliminaire des risques (en Annexe 5)

Mesures à mettre en place paragraphe 4.7.8 (Et Annexe 6)

Analyse Détaillée des risques (en Annexe 9)



Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## ❖ Description des installations de réfrigération du système 1

Ce système contiendra **1 170 kg d'NH<sub>3</sub>**, Cette charge correspond à la phase finale du projet. La phase 1 correspond à une charge d'ammoniac d'environ **900 kg**. L'étude sera réalisée sur la charge d'ammoniac finale.

A l'intérieur de la salle des machines se trouvera la centrale frigorifique assurant la production d'eau glycolée froide avec entre autres comme matériel confinant l'ammoniac :

### Phase 1

- 1 x **compresseurs à pistons SMC 108 L** en secours.
- 1 x **compresseurs à pistons SMC 116 L** avec séparateur d'huile.
- 1 x **compresseurs à vis SAB 233 LM** avec séparateur d'huile.
- Les **armoires électriques** de puissance et régulation.
- 1 x **séparateur de NH<sub>3</sub> liquide MP** moyenne température (prévu pour la phase finale).
- 2 x **échangeur à plaques** sous la bouteille MP (fonctionnement en flood).
- 1 x **pot de souffrage d'huile** sous le séparateur de liquide (prévu pour la phase finale).
- 1 x **condenseur à plaques** pour le préchauffage de l'eau de lavage.
- 1 x **désurchauffeur à plaques** pour le chauffage de l'eau de lavage.
- Un système de détection de fuite d'ammoniac + un extracteur de sécurité.

### Phase 2

- 1 x **compresseurs à pistons SMC 116 L** avec séparateur d'huile.
- 1 x **compresseurs à vis SAB 233 LM** avec séparateur d'huile.
- Les **armoires électriques** de puissance et régulation.
- 2 x **échangeur à plaques** sous la bouteille MP (fonctionnement en flood).
- 1 x **condenseur à plaques** pour le préchauffage de l'eau de lavage.
- 1 x **désurchauffeur à plaques** pour le chauffage de l'eau de lavage.

A l'extérieur de la salle des machines se trouve le système de condensation assuré le matériel suivant (en terrasse avec les tuyauteries dans un édicule) :

- 4 x **condenseur évaporatif, dont les connexions NH<sub>3</sub> sont abritées dans un édicule** (2 en phase 1 et 2 en phase 2).
- Un système de détection de fuite d'ammoniac + un extracteur de sécurité.

**Les références et marques des équipements qui suivent dans les descriptions, sont données à titre indicatif et pour justifier que l'étude a été réalisée très précisément avec les puissances nécessaires au fonctionnement de l'installation. Les sélections des différents équipements ont permis le calcul précis des débit masse de fluide en circulation dans le système, et donc qui ont permis de faire les scénarii décrits plus loin dans le présent document.**

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

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

**Les éléments de sécurité associés sont décrits dans le paragraphe 4.6.7.**

## ❖ Résultats

### ○ Analyses de risques retenus

PhD	Désignations
10	Rupture du collecteur en gaz HP entre compresseurs et les condenseurs dans l'édicule
11	Rupture du collecteur en liquide HP à la sortie du condenseur dans l'édicule
12	Rupture d'une canalisation liquide en dessous de la bouteille BP – Installation en fonctionnement
13	Rupture d'une canalisation liquide en dessous de la bouteille BP – Installation à l'arrêt
14	Rupture d'un tube à l'intérieur du condenseur en extérieur
15	Relâchement des soupapes de sécurité

### ○ Rappel des résultats

PhD	Commentaires	Classe proba	Distances d'effet (m)			Cinétique	Gravité
			SELS	SEL (Z1)	SEI (Z2)		
10	Rupture du collecteur en gaz HP entre compresseurs et les condenseurs dans l'édicule	D	< 10	< 10	< 10	Détecteurs d'ammoniac pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement de tous les circuits de la SDM et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.	Sérieux
11	Rupture du collecteur en liquide HP à la sortie du condenseur dans l'édicule	D	< 10	< 10	< 10	Détecteurs d'ammoniac pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement de tous les circuits de la SDM et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.	Sérieux

12	Rupture d'une canalisation liquide en dessous de la bouteille BP – Installation en fonctionnement	D	< 10	< 10	< 10	Détecteurs d'ammoniac pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement de tous les circuits de la SDM et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.	Sérieux
13	Rupture d'une canalisation liquide en dessous de la bouteille BP – Installation à l'arrêt	D	< 10	< 10	< 10	Détecteurs d'ammoniac pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement de tous les circuits de la SDM et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.	Sérieux
14	Rupture d'un tube à l'intérieur du condenseur en extérieur	D	< 10	< 10	< 10	Détecteurs d'ammoniac pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement de tous les circuits de la SDM et maintenir en service le ventilateur de l'extraction.	Sérieux
15	Relâchement des soupapes de sécurité	D	< 10	< 10	< 10	Rejet à l'atmosphère via la cheminée d'extraction dont la sortie est à <b>13,0 m</b> de hauteur par rapport au niveau du sol.  Détecteurs d'ammoniac pour arrêter <b>immédiatement</b> au 2 <sup>ème</sup> seuil le fonctionnement de tous les circuits de la SDM.  <b>Un périmètre de sécurité incendie serait également mis en place.</b>	Sérieux

o **Accidents majeurs et acceptabilité des risques**

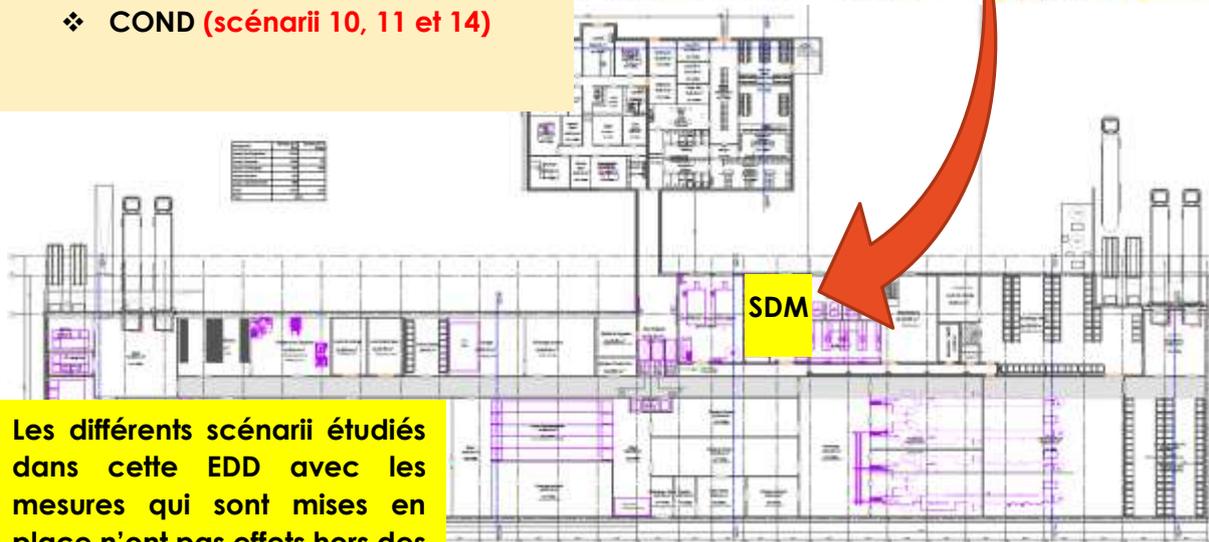
Avec la mise en place des mesures expliquées dans la présente EDD, il n'y a pas phénomènes pouvant conduire à des accidents majeurs, c'est-à-dire pouvant avoir potentiellement des effets à l'extérieur du site.

## 14.2. Cartographies des effets



Zone de dangers potentiels :

- ❖ SDM (scénarii 12, 13, et 15)
- ❖ COND (scénarii 10, 11 et 14)



Les différents scénarii étudiés dans cette EDD avec les mesures qui sont mises en place n'ont pas effets hors des limites de propriété du site de SO'HAM (19)

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 15. Références

Les références utilisées dans l'étude et ses annexes sont les suivantes :

- 1 AFF, *Installations frigorifiques fonctionnant à l'ammoniac – leur impact sur l'environnement – Guide d'étude des risques technologiques*, avril 1999.
- 2 AFF et ADEME, *Guide des bonnes pratiques pour les installations frigorifiques fonctionnant à l'ammoniac*, février 2003.
- 3 Ministère de l'environnement, *L'Ammoniac et la réfrigération*, SEI/BARPI ED0389, février 1995 et son complément 2002.
- 4 CSST (Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec), *Systèmes de réfrigération fonctionnant à l'ammoniac, mesures de prévention*, 2ème édition, 2009.
- 5 Article EPA – CEPP – *Hazards of ammonia releases at ammonia refrigeration facilities (update)* – August 2001.
- 6 HSE, *Failure Rate and Event Data for use within Risk Assessments – (FRED)*, 28 juin 2012.
- 7 LNE, *Handboek Faalfrequenties (Handboek Kanscijfers – AMINAL), guide méthodologique*, 2009.
- 8 RIVM, *Reference manual BEVI risk assessment (Purple book)*, 2009
- 9 RIVM report n° 620100003/2005 - P.A.M. Uijt de Haag. *Distance table for ammonia cooling plants*, 2005.
- 10 ICSI, *Résumé des travaux du groupe de travail « fréquence des événements initiateurs d'accidents et disponibilité des barrières de protection et de prévention »*, juillet 2006.
- 11 SINTEF, *OREDA (Offshore Reliability Database)*.
- 12 BARPI, *Retour d'expérience – L'ammoniac et la réfrigération*, SEI/BARPI ED0389, février 1995.
- 13 INERIS, *Rapport □-19 – Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35) – Détermination des grandeurs caractéristiques du terme source nécessaires à l'utilisation d'un modèle de dispersion atmosphérique des rejets accidentels*, INERIS-DRA-2005- P46055-C51706, novembre 2006.
- 14 BONNET P. et LACOME J-M., *Experimental study of accidental industrial LPG releases rain-out investigation*, 40th Loss Prevention Symposium, Florida, 2006.
- 15 BOUET R., *Ammoniac – Essais de dispersion atmosphérique à grande échelle*, INERIS DRA-RBo-1999-20410, 1999.
- 16 BOUET R, DUPLANTIER S. et SALVI O., *Ammonia large scale atmospheric dispersion experiments*, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 18, pg 512-519, 2005.
- 17 GENTILHOMME O., *DRA-72 : Experimental results of liquefied ammonia releases in a congested environment*, DRA-12-95340-01141A, 2012.
- 18 UFIP, *Guide méthodologique UFIP pour la réalisation des études de dangers en raffineries, stockages et dépôts de produits liquides et liquéfies*, vol1, juillet 2002.
- 19 UIC, *Emission à la brèche, Débit en phase gazeuse, Débit en phase liquide, Formation et vaporisation des flaques*, *Cahier de sécurité n°11*, 1987.
- 20 ANDERSON J.D., *Computational Fluid Dynamics : the Basics with Applications*, McGraw Hill, 1995.
- 21 FERZIGER J.H. et PERIC M., *Computational Methods for Fluid Dynamics*, Springer Verlag, 1999.

Atlantic Refrigeration Consulting AMR SO'HAM (19)	Analyse Méthodique des Risques (AMR)	Rédacteur : Frédéric LE BRONNEC Indice : v1 – 03/12/2018
--	---	---

## 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

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

Annexe 10 : Répartition de charge d'ammoniac

Annexe 11 : Schéma de principe frigorifique