



Régularisation des activités des Brasseries de Bourbon – Saint-Denis

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE)

PJ n°49 - Etude de dangers



Rapport n°113358/version C – Août 2022

Sommaire

1. Résumé non technique.....	7
2. Objet et méthodologie de l’étude.....	8
3. Description des activités et installations projetées.....	10
3.1. Localisation du site.....	10
3.2. Présentation de la situation de référence.....	12
3.3. Présentation des principales évolutions de 1999 à aujourd’hui.....	12
3.4. Présentation des projets à venir.....	13
3.5. Activités du site.....	16
3.5.1. Brasseries.....	16
3.5.2. Limonaderie.....	19
3.6. Situation vis-à-vis de la nomenclature des ICPE.....	20
3.6.1. Classement ICPE du site.....	20
3.6.2. Classement SEVESO du site.....	23
3.6.3. Classement IED du site.....	23
4. Identification des potentiels de dangers.....	24
4.1. Potentiels de dangers liés à l’environnement externe.....	24
4.1.1. Environnement naturel.....	24
4.1.2. Environnement humain et industriel.....	32
4.1.3. Synthèse des sources potentielles de dangers liées à l’environnement du site.....	33
4.2. Potentiels de dangers liés aux produits.....	34
4.3. Potentiels de dangers liés aux équipements et opérations.....	36
4.4. Potentiels de dangers liés aux utilités.....	39
4.5. Réduction à la source des potentiels de dangers identifiés.....	40
4.5.1. Suppression / substitution.....	40
4.5.2. Limitation des quantités.....	40
4.5.3. Technologie utilisée.....	40
4.5.4. Lieu d’implantation.....	40
4.6. Analyse de l’accidentologie.....	41
4.6.1. Accidentologie interne.....	41
4.6.2. Accidentologie externe.....	43

4.6.3.	Prise en compte de l’accidentologie	46
4.7.	Synthèse des potentiels de dangers.....	47
5.	Choix des phénomènes dangereux retenus	49
5.1.	Analyse préliminaire des risques.....	49
5.2.	Cas particulier de l’ammoniac dans le local groupe froid	55
5.2.1.	Description de l’installation de réfrigération ammoniac du site	55
5.2.2.	Prise en compte et choix des scénarios	57
5.3.	Phénomènes dangereux retenus	59
6.	Modélisations des phénomènes dangereux.....	60
6.1.	Seuils d’effet utilisés.....	60
6.1.1.	Effets thermiques et de surpression	60
6.1.2.	Effets toxiques - ammoniac.....	61
6.1.3.	Effets toxiques – dioxyde de carbone	62
6.2.	Méthodes et outils de modélisation	63
6.2.1.	Incendie de solide (PhD1)	63
6.2.2.	Modélisation des explosions de poussières (PhD2)	65
6.2.3.	Modélisation des feux de nappe (PhD3)	66
6.2.4.	Modélisation de dispersion atmosphérique de produit (PhD5, PhD6, PhD7).....	68
6.2.5.	Modélisation des BLEVE (PhD8, PhD10)	71
6.2.6.	Modélisations des explosions confinées.....	73
6.3.	Résultats des modélisations	76
6.4.	Evaluation des effets dominos	91
6.5.	Modélisation des phénomènes dangereux générés par effets dominos.....	94
6.5.1.	Méthodes et moyens de calcul mis en application	94
6.5.2.	Evaluation de l’intensité des phénomènes dangereux	96
6.6.	Synthèse des phénomènes dangereux générant des effets à l’extérieur du site	97
7.	Analyse Détaillée des Risques	98
7.1.	Cotation de la gravité des phénomènes dangereux	98
7.1.1.	Méthodologie.....	98
7.1.2.	Echelle de gravité	103
7.1.3.	Evaluation de la gravité des phénomènes dangereux	104
7.2.	Cotation de la probabilité.....	106
7.2.1.	Principe de la méthode d’analyse par arbre papillon	106
7.2.2.	Echelle de probabilité	107
7.2.3.	Evaluation de la probabilité des phénomènes dangereux.....	108
7.3.	Cotation de la cinétique	119
7.4.	Hierarchisation et gestion des risques	120

8.	Caractérisation des Mesures de Maitrises des Risques	123
8.1.	Barrières n° 12 et n°14 : Présence de soupapes de sécurité (Soupape indépendante n°1 et soupape indépendante n°2)	124
8.2.	Barrière n° 15 : Fermeture automatique des vannes d’ammoniac et arrêter de l’installation froid suite à détection gaz	124
9.	Description des moyens de prévention et de protection	125
9.1.	Moyens de prévention des risques	125
9.1.1.	Mesures organisationnelles de maitrise des risques	125
9.1.2.	Mesures générales contre le risque incendie	125
9.1.3.	Mesures générales contre le risque d’explosion	125
9.1.4.	Mesures générales contre le risque pollution	126
9.2.	Moyens de protection	126
9.2.1.	Organisation des moyens de secours en cas d’accident	126
9.2.2.	Moyens de détection incendie	126
9.2.3.	Moyens de lutte incendie	127
9.2.4.	Moyens de lutte contre une pollution	128
9.2.5.	Dimensionnement des besoins en eau d’extinction	128
9.2.6.	Dimensionnement des rétentions des eaux d’extinction	132

Annexes

Annexe I :	Liste des produits dangereux utilisés sur le site
Annexe II :	Accidentologie externe
Annexe III :	Cartographies des zones d’effets
Annexe IV :	Dimensionnement des besoins en eau – D9

Table des figures

Figure 1 : Localisation générale du site	10
Figure 2 : Vue aérienne rapprochée du site	11
Figure 3 : Plan du site – situation future	15
Figure 4 : Processus de brassage de la bière	17
Figure 5 : Processus de la limonaderie	19
Figure 6 : Rose des vents	25
Figure 7 : PPR multirisques de Saint-Denis.....	26
Figure 8 : Enrochement lié de la berge rive gauche de la rivière Saint Denis	27
Figure 9 : Carte d’aléa sismique	29
Figure 10 : Mouvement de terrains à proximité du site	30
Figure 11 : Chutes de blocs de pierre - février 2022	31
Figure 12 : Synthèse des potentiels de dangers.....	48
Figure 13 : Schéma de l’installation frigorifique	58
Figure 14 : PhD1 – Effets thermique de l’incendie du hall logistique	83
Figure 15 : PhD4a - Vue des panaches toxiques.....	85
Figure 16 : PhD4b - Vue de dessus des panaches toxiques.....	87
Figure 17 : PhD5 - Vue de profil du panache pour chaque seuil d’effet en F3 (en haut) et D5 (en bas)	88
Figure 18 : PhD6 - Vue de profil du panache pour chaque seuil d’effet en F3 (en haut) et D5 (en bas)	89
Figure 19 : PhD8 - Vue de profil du panache pour chaque seuil d’effet en F3 (en haut) et D5 (en bas)	90
Figure 20 : Zones impactées en cas d’accident sur le site (hors effets toxique liés à l’ammoniac)	101
Figure 21 : Zones impactées en cas d’accident toxique lié à l’ammoniac.....	102
Figure 22 : Nœud papillon – PhD4a.....	108
Figure 23 : Nœud papillon – PhD4b	110
Figure 24 : Nœud papillon – PhD5	112
Figure 25 : Nœud papillon – PhD9	115
Figure 26 : Nœud papillon – PhD7	117
Figure 27 : Localisation des bornes incendie.....	127
Figure 28 : Projet de bassin de collecte des eaux incendie.....	134

Table des tableaux

Tableau 1 : Volume de bière fabriqué sur le site	17
Tableau 2 : Volume de soda fabriqué sur le site	19
Tableau 3 : Récapitulatif des rubriques ICPE du site	22
Tableau 4 : Dangers liés aux équipements/opérations	37
Tableau 5 : Etude des pertes d’utilités	39
Tableau 6 : Analyse préliminaires des risques	54
Tableau 7 : Liste des phénomènes dangereux retenus	59
Tableau 8 : Seuils d’effets des flux thermiques	60
Tableau 9 : Seuils d’effets de surpression	60
Tableau 10 : Valeurs de référence relatives aux seuils de toxicité aiguë	61
Tableau 11 : Seuils de toxicité aiguë de l’ammoniac (fiche toxicologique INERIS)	61
Tableau 12 : Seuils des effets toxiques – Ammoniac – 99 s	62
Tableau 13 : Valeurs de référence pour le dioxyde de carbone	62
Tableau 14 : Conditions météorologiques retenues pour la modélisation	68
Tableau 15 : Résultats des modélisations	81
Tableau 16 : Effets dominos	92
Tableau 17 : Résultats des modélisations – cas des effets dominos	96
Tableau 18 : Phénomènes dangereux générant des effets hors des limites du site	97
Tableau 19 : Zones impactées par les phénomènes dangereux	99
Tableau 20 : Echelle de gravité retenue pour l’analyse détaillée des risques	103
Tableau 21 : Synthèse des gravités des phénomènes dangereux	105
Tableau 22 : Echelle de probabilité retenue pour l’analyse détaillée des risques	107
Tableau 23 : Grille d’acceptabilité des phénomènes dangereux	120
Tableau 24 : Critères d’évaluation des MMR	123
Tableau 25 : MMR – Soupapes de sécurité	124
Tableau 26 : MMR – Fermeture automatique des vannes d’ammoniac	124
Tableau 27 : Taux d’application minimum	129
Tableau 28 : Durée des phases d’extinction	129
Tableau 29 : Evaluation des besoins en eau	131

1. Résumé non technique

Le résumé non technique de cette étude de dangers (PJ n°49) est présenté dans la PJ n°7 – Note de présentation non technique du projet du présent dossier.

2. Objet et méthodologie de l’étude

Tous les éléments en violet dans le texte correspondent aux changements effectués depuis la version A déposée en décembre 2021.

Tous les éléments en violet dans le texte correspondent aux changements effectués depuis la version B déposée en avril 2022.

Ce document présente l’étude de dangers (EDD) du dossier de Demande d’Autorisation Environnementale de la régularisation des activités des Brasseries de Bourbon et de la prise en compte de ses nouveaux projets.

« L’étude de dangers précise les risques auxquels l’installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés au L.511-1 du Code de l’Environnement en cas d’accident, que la cause soit interne ou externe à l’installation. Le contenu de l’étude de dangers doit être en relation avec l’importance des risques engendrés par l’installation. »

En tant que de besoin, cette étude de dangers donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d’occurrence, la cinétique et la gravité des accidents selon une méthodologie qu’elle explicite. Elle définit les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents. » (Article L.512-1 du code de l’environnement).

L’étude de dangers a donc pour objet de rendre compte de l’examen effectué par l’exploitant pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques d’une installation ou d’un groupe d’installations situé dans un environnement industriel, naturel et humain défini, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre dans l’installation, à la gestion de l’établissement ou dues à la proximité d’autres risques d’origine interne ou externe à l’installation. (Extrait de 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).

La présente étude de dangers a été réalisée conformément à l’arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l’évaluation 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 (dit « arrêté PCIG »). Toutefois, selon l’application du principe de proportionnalité et en l’absence de guide d’élaboration des études de dangers propres aux installations classées soumises à simple autorisation, les exigences mentionnées dans le guide cité précédemment ont été adaptées.

L’étude de dangers doit permettre d’identifier les phénomènes dangereux ayant des conséquences à l’extérieur du site. Dans cette optique, elle comprend les étapes suivantes :

- Description du site et de son environnement ;
- Identification des potentiels de dangers (environnement, produits, procédés, accidentologie, ...);
- Analyse des principales dispositions de réduction des potentiels de dangers ;
- Analyse préliminaire des risques (APR) : cette étape permet d’identifier l’ensemble des scénarios d’évènements à caractère dangereux en lien avec l’exploitation étudiée et susceptibles de présenter un risque vis-à-vis de tiers ;
- Modélisation des effets des phénomènes dangereux retenus suite à l’APR (estimation des conséquences de la matérialisation des dangers). L’objectif de cette étape est de modéliser les effets des phénomènes dangereux maximums, représentatifs des potentiels de dangers et totalement découplés du niveau de maîtrise des risques par l’exploitant et notamment des barrières de sécurité actives existantes ;
- Évaluation des effets dominos ;
- Analyse détaillée des risques (ADR) des installations susceptibles de générer des phénomènes dangereux majeurs (effets à l’extérieur du site) ;
- Hiérarchisation des phénomènes dangereux, le cas échéant ;
- Description des mesures générales de prévention et de protection des risques.

3. Description des activités et installations projetées

Une description succincte des activités et installations, nécessaire à la compréhension de l’étude de dangers, est faite ci-dessous.

Pour plus de détails, nous renvoyons le lecteur à la PJ n°46 (Présentation des procédés, matières et produits) du présent Dossier de Demande d’Autorisation Environnementale.

3.1. Localisation du site

Le site de production des Brasseries de Bourbon est implanté sur l’île de la Réunion au niveau de la commune de Saint-Denis dans le quartier du Bas de la Rivière.

Les Brasseries de Bourbon sont localisées en rive gauche de la rivière Saint-Denis le long du Quai Ouest.

Cependant, via un arrêté préfectoral avec la Mairie de Saint-Denis, les Brasseries de Bourbon sont autorisées à occuper et exploiter une partie de la parcelle publique de la rue « Quai Ouest ». Cette zone correspond au parking du site ainsi qu’à la voie d’accès jusqu’au bâtiment administratif. Les Brasseries de Bourbon en maîtrisent l’accès grâce à un portail, des panneaux interdisant l’accès et un poste de garde.

Cette occupation du Domaine Public et Fluvial (DPF) est valable jusqu’en décembre 2022 et est renouvelée tous les 2 ans.

Ci-dessous sont représentés une vue globale et rapprochée du site.

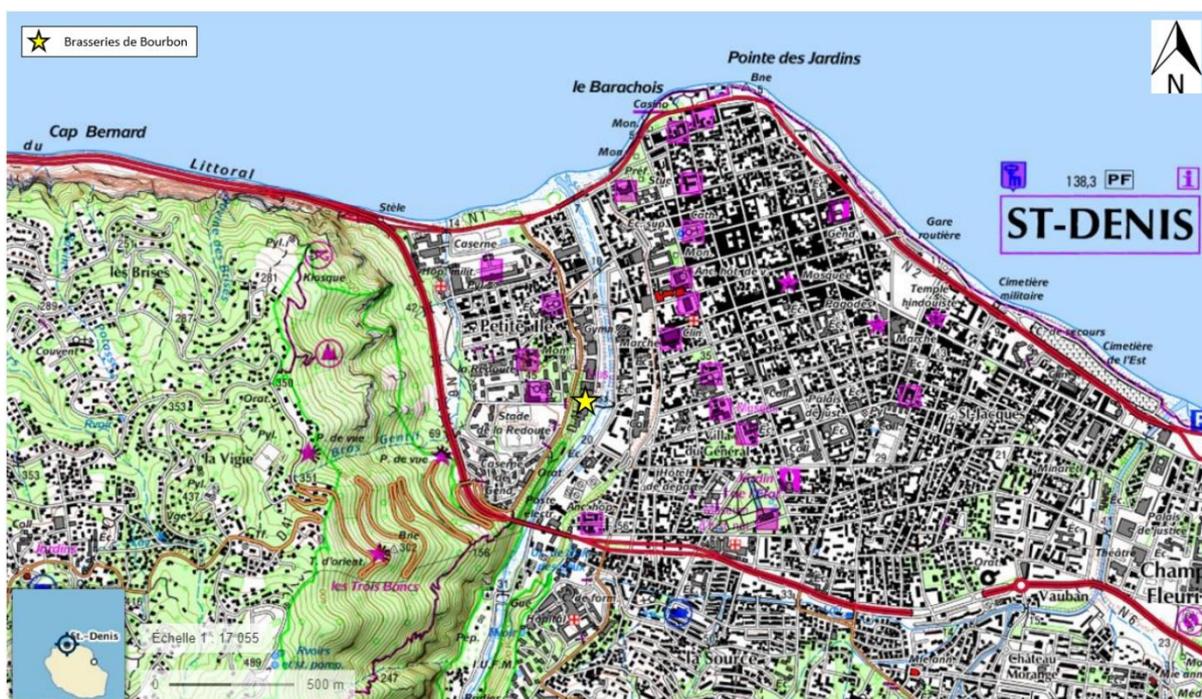


Figure 1 : Localisation générale du site

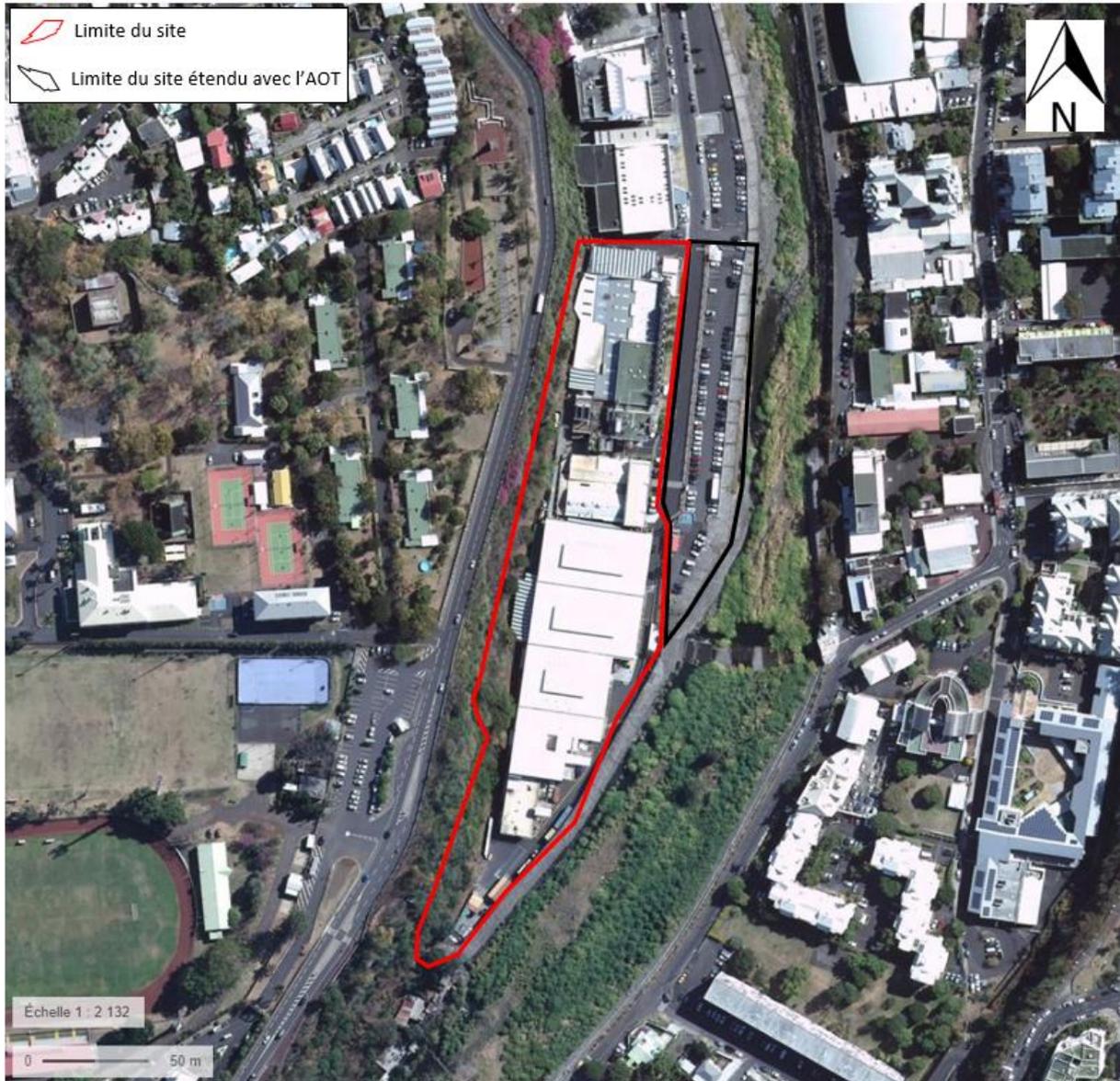


Figure 2 : Vue aérienne rapprochée du site

3.2. Présentation de la situation de référence

Pour rappel, les Brasseries de Bourbon exploitent un site sous le régime de l’Autorisation. Ce site est autorisé par l’arrêté préfectoral n° 99-937/SG/DICV3 du 10 mai 1999.

La situation de référence, ou situation initiale, correspond donc à l’état du site autorisé en mai 1999. Aucun nouvel arrêté n’a été prescrit depuis cette date.

Ce dossier de demande d’autorisation environnementale prend en compte la régularisation des activités depuis cette date ainsi que les projets de modernisation à venir.

En 1999, le site occupait les mêmes parcelles qu’actuellement. Les limites ICPE étaient les mêmes.

3.3. Présentation des principales évolutions de 1999 à aujourd’hui

Depuis 1999, les principales évolutions sont les suivantes :

- Création d’un hall de réception/expédition de marchandises ;
- Suppression de l’atelier de maintenance pour véhicule ;
- Déplacement du poste de dépotage carburant et réorganisation du stockage ;
- Suppression du poste d’alimentation en carburant pour les engins du site ;
- Mise en place d’une nouvelle cuve à drêches ;
- Mise en place d’une nouvelle station CIP ;
- Installation d’une nouvelle station de traitement de l’eau de ville ;
- Mise en place d’une nouvelle cuve de CO₂ liquide ;
- Pré traitement des eaux usées du site ;
- Révision des réseaux d’eau du site ;
- Remplacement des chaudières ;
- Modifications diverses mineures.

Les quantités de production du site sont les suivantes.

	Brasserie 1999	Brasserie 2021	Limonaderie 1999	Limonaderie 2021
Capacité journalière	75 000 l/j	75 500 l/j	100 000 l/j	196 000 l/j ^[1]
Capacité annuelle maximale théorique	22 000 m ³	25 000 m ³ ^[2]	30 000 m ³	50 000 m ³ ^[3]
Capacité réelle (année)	16 753 m ³ (1996)	20 066 m ³ (2019) ^[4]	21 683 m ³ (1996)	39 153 m ³ (2019)

¹ Capacité estimée pouvant être réalisable sur le site

² La capacité annuelle maximale théorique est basée sur la période de fonctionnement du site qui est de 331 j/an (6,5 j/7 et 51 semaines).

³ La capacité annuelle maximale théorique est basée sur la période de fonctionnement du site qui est de 255 j/an (5 j/7 et 51 semaines).

⁴ Cas majorant des 4 dernières années

3.4. Présentation des projets à venir

Ce dossier de demande d’autorisation environnementale permet aux Brasseries de Bourbon de se mettre en conformité avec leur statut IED et d’intégrer également différents projets de modernisation du site dont :

- Construction d’une nouvelle salle à brasser,
- Remplacement des anciennes Tours Aero Réfrigérés du site,
- Mise en place d’une STEP,
- Mise en place d’un forage,
- Réorganisation du bâtiment administratif et des bureaux,
- Réorganisation des stockages d’arômes inflammables,
- Création d’un bassin de collecte des eaux incendie.

Le principal projet du site est la déconstruction de l’actuelle salle à brasser et la construction d’une nouvelle.

Le projet permettra notamment de garantir la continuité des activités et de respecter les nouvelles normes de sécurité et de qualité. La brasserie actuelle date de 1962 ce qui limite les possibilités en termes d’innovations, de durabilité et de développement des personnes et des organisations.

Les points fort de cette nouvelle brasserie sont les suivants :

- Un outil de production plus performant (moins de pannes, moins d’arrêt de production, ...) ;
- Des installations aux normes vis-à-vis de la sécurité et de la qualité (zone ATEX, process de dosage, ...) ;
- Une meilleure sécurité (modification et optimisation des flux de manutention, ...)
- Des possibilités d’innovations (nouvelles technologies, recette de fabrication flexibles, ...) ;
- Une empreinte environnementale moins importante (réduction de la consommation d’eau, utilisation de moteur IE3 et IE4, ...).

La nouvelle salle à brasser est prévue pour atteindre un objectif de 10 brassins/jour de 100 hl à 120 hl chacun.

Cela représente une fabrication pouvant aller jusqu’à 120 000 litres ou 120 t de bières par jour. Actuellement la production journalière réelle est d’environ 60 t.

Notons que la capacité de 10 brassins/jour sera la capacité maximale mise en œuvre par la nouvelle salle à brasser. Cependant, il est fort probable que cette salle à brasser ne tournera pas à pleine capacité car le reste du site (embouteillage, packaging, ...) n’est pas suffisamment dimensionné.

Ainsi, les quantités de production du site seront les suivantes.

	Brasserie 1999	Brasserie 2021	Brasserie futur
Capacité journalière	75 000 l/j	75 000 l/j	120 000 l/j
Capacité maximale théorique	22 000 m ³	25 000 m ³ [5]	40 000 m ³ [5]
Capacité réelle (année)	16 753 m ³ (1996)	20 066 m ³ (2019) [6]	/

Le projet de nouvelle salle à brasser représente donc une augmentation à moyen terme de 60 % de la capacité de production journalière.

Cette salle à brasser viendra prendre place au niveau de l’actuelle salle de stockage du malt (démolie en juin 2021). Cette dernière a été démolie pour accueillir la salle à brasser.

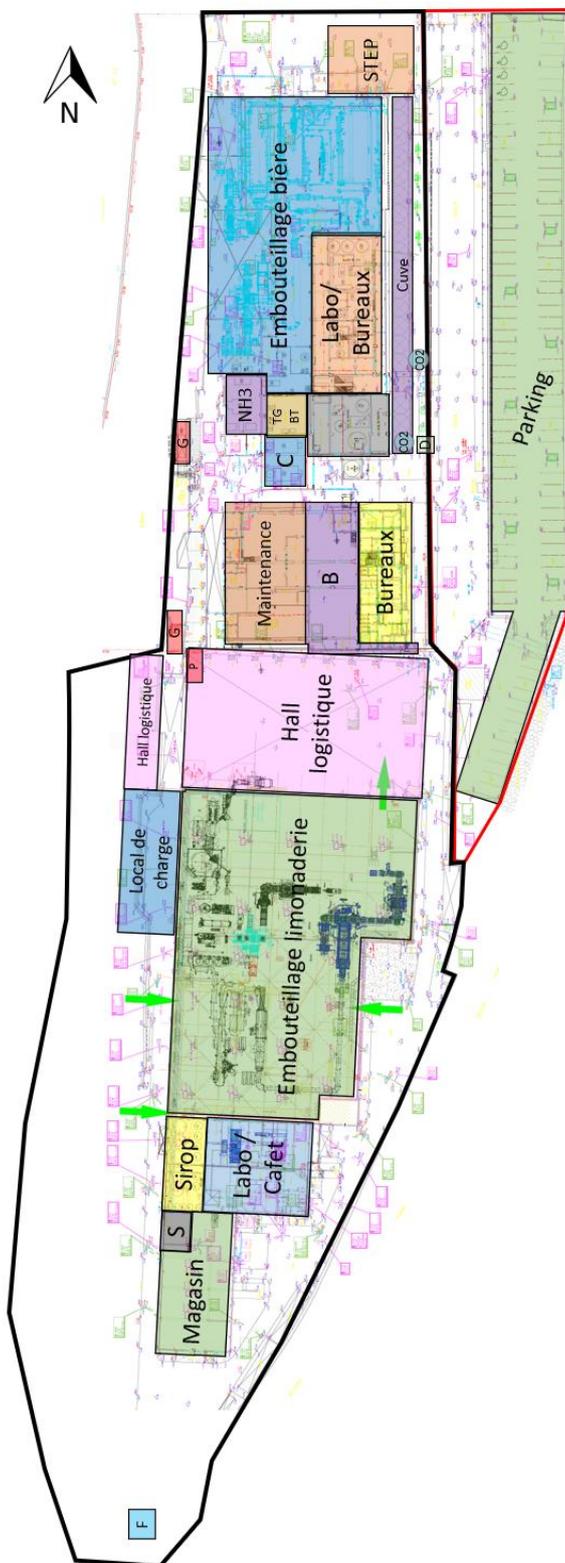
Le stockage de malt et des autres produits nécessaires à la fabrication de la bière seront stockés dans des silos inclus dans la salle à brasser.

L’actuelle salle à brasser sera démantelée et restera pour le moment sans affectation. Les machines, cuves et tuyauteries seront éliminées.

Le plan du site avec la prise en compte de toutes les modifications depuis 1999 est présenté ci-après

⁵ La capacité annuelle maximale théorique est basée sur la période de fonctionnement du site qui est de 331 j/an (6,5 j/7 et 51 semaines).

⁶ Cas majorant des 4 dernières années



Labo/Bureaux : Laboratoire qualité, bureaux et salle de réunion

NH3 : Salle des machines des groupes froid à l’ammoniac

C : Chaufferie

TGBT : local électrique

B : Salle à brasser

CO2 : Réservoir de dioxyde de carbone liquéfié

G : Cuve GNR/JET

D : Cuve à drêches

P : Poste de dépotage de GNR/JET

Bureaux : Bâtiment administratif principal / Accueil

Labo/Cafet : Laboratoire, espace restauration, stockages étiquette, salles des compresseurs

Sirop : Siroperie, cuve à sirop

S : Salle de versement du sucre

F : Forage

Ligne noire : limite du site (parcelle AK 1 et AH30)

Ligne rouge : limite de site étendue avec l’autorisation d’occupation temporaire (AOT) de la mairie

Figure 3 : Plan du site – situation future

3.5. Activités du site

3.5.1. Brasseries

Le brassage commence par le broyage du malt jusqu'à l'obtention d'une poudre qui est ensuite dirigée vers une cuve d'empattage où elle est mélangée avec de grandes quantités d'eau.

Des grains crus (riz, maïs ...) sont ensuite introduits à ce mélange. L'ensemble est porté à différents paliers de température suivant le type de bière souhaité.

C'est au cours de ces élévations de températures que l'amidon contenu dans les céréales se transforme en sucre.

Ce mélange (maische) est ensuite filtré dans une cuve spécifique. On obtient d'une part un liquide sucré appelé moût et d'autre part des résidus solides appelés drêches qui servent à l'alimentation animale (bétail).

Le moût est ensuite cuit dans une chaudière à moût. C'est durant cette cuisson que l'on ajoute le houblon qui apporte à la bière son amertume.

Après ébullition le moût encore trouble est transféré dans une cuve de décantation. Le trouble récupéré est soit réintroduit dans un brassin suivant soit mélangé avec la drêche.

Le moût est ensuite refroidi à 7 °C par un circuit d'eau glycolé.

Le moût est transvasé dans une cuve de fermentation et de la levure y est ajoutée. C'est elle qui va transformer le sucre de la bière en alcool. Cette fermentation génère un dégagement de gaz carbonique qui est soit réintroduit dans la bière, soit utilisé pour l'activité de limonaderie. Cette réaction chimique est également émettrice de chaleur qui est compensée par un système de refroidissement à l'eau glycolée.

Enfin la bière est filtrée sur plusieurs filtres afin de retirer les différents dépôts.

La bière est ensuite conditionnée en bouteille en verre de 33 cl ou en fût.

La bière est soutirée dans les contenants avant d'être encapsulée, pasteurisée (avec de l'eau chaude) et étiquetée. Les bouteilles sont ensuite, si nécessaire, mises en pack et filmées sur des palettes.

Le conditionnement en fut repose sur le même principe, hormis pour la phase de pasteurisation qui se fait par l'intermédiaire d'un flash.

Il est à noter que les Brasseries de Bourbon récupèrent des bouteilles en verre déjà utilisées afin de les recycler. Ce recyclage demande une phase de lavage à la soude et à l'eau avant réutilisation.

Ci-dessous est présenté un schéma simplifié du processus de brassage :

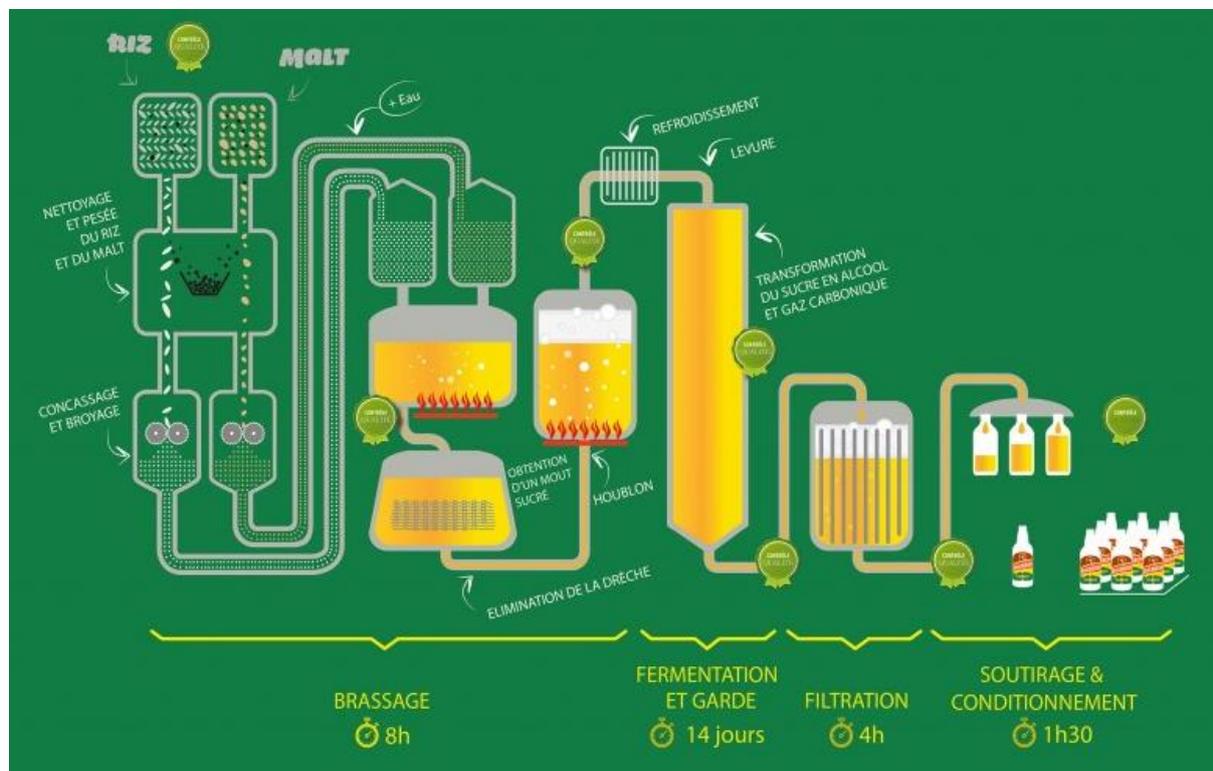


Figure 4 : Processus de brassage de la bière

La capacité maximale de fabrication de bière autorisée est de 75 000 l par jour. En réalité, la production maximale à ce jour est de l'ordre de 60 000 l par jour (60 t/j) et qui sera porté à 120 000 l/j suite au projet.

La quantité totale de bière fabriquée sur une année est présentée ci-dessous. Ce volume est relativement stable depuis 5 ans, hormis en 2020/2021 du fait de la crise sanitaire.

Volume de production de bière	2017	2018	2019	2020	2021
	20 007 m ³	19 658 m ³	20 066 m ³	16 759 m ³	16 064 m ³

Tableau 1 : Volume de bière fabriqué sur le site

Notons que le site met en place un système de recyclage des bouteilles de bière en verres.



Cela permet d'économiser 7 500 tonnes de verres par an soit 40 millions de bouteilles recyclées.

Cette collecte génère plus de 1 000 emplois (complément de rémunération) dans 10 entreprises de collecte et représente un chiffre d'affaires de plus de 2,8 millions d'euros pour l'économie locale.

Le mode opératoire de fabrication de bière n'a pas été pas modifié.

3.5.2. Limonaderie

Pour la fabrication de soda, du sucre est mélangé à de l’eau dans des cuves au niveau de la siroperie. Ce mélange est chauffé pour réaliser un sirop.

Après filtration, ce sirop est refroidi à 15 °C par de l’eau glycolée.

Différents produits sont ensuite ajoutés pour obtenir le mélange souhaité en fonction du soda en préparation.

Si besoin, une injection de gaz carbonique permet la gazéification du produit.

La phase de conditionnement est similaire à celle de la brasserie (mais avec des emballages plastiques). Le site comporte 3 lignes d’embouteillages.

De plus, des bouteilles plastiques sont utilisées comme contenants. Ces dernières sont en PET (polyéthylène téréphtalate). Elles sont soufflées sur site à l’aide d’une souffleuse PET.

Ci-dessous est présenté un schéma simplifié du processus de fabrication de soda :

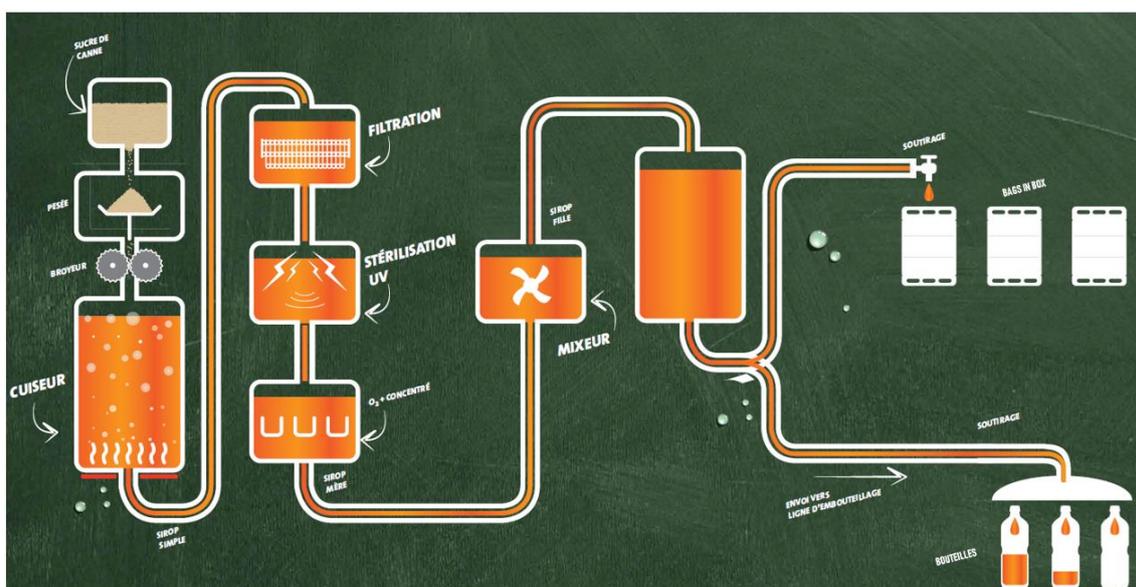


Figure 5 : Processus de la limonaderie

La quantité totale de soda produite sur une année est présentée ci-dessous. Ce volume est relativement stable depuis 5 ans.

Volume de production de soda	2017	2018	2019	2020	2021
	35 958 m ³	36 873 m ³	39 153 m ³	35 246 m ³	37 397 m ³

Tableau 2 : Volume de soda fabriqué sur le site

Le mode opératoire de fabrication de soda n’a pas été pas modifié.

3.6. Situation vis-à-vis de la nomenclature des ICPE

3.6.1. Classement ICPE du site

Le site des Brasseries de Bourbon est actuellement régi par l’Arrêté Préfectoral du 10 mai 1999 (n°99-9937/SG/DICV/3). Le site est classé sous le régime de l’Autorisation pour la rubrique 2253.

Le tableau en pages suivantes présente le classement ICPE du site tel qu’indiqué dans l’AP du 10 mai 1999 puis le classement ICPE du site dans sa situation actuelle avec la prise en compte des modifications depuis 1999.

Situation déclarée selon l'AP du 10/05/1999				Situation future avec prise en compte des projets			
Rubrique	Désignation des activités	Volume des activités	Régime	Rubrique	Désignation des activités	Volume des activités	Régime
1136-A2	Stockage de l'ammoniac	0,370 t	D	4735-1	Ammoniac (récipients de capacité unitaire supérieure à 50 kg) (Supérieure ou égale à 150 kg mais inférieure à 1,5 t)	1,347 t	DC
1136-B	Emploi de l'ammoniac	0,840 t	D	4735-2	Ammoniac (récipients de capacité unitaire inférieure ou égale à 50 kg) (Supérieure ou égale à 150 kg mais inférieure à 5 t)	2 x 45 kg soit 90 kg	NC
2253-1	Boissons (préparation, conditionnement) bières, jus de fruit, autres	75 t de bières 100 t de soda Soir 175 t/j	A 1km	Rubrique supprimée (décret 2018-900 du 22/10/18)			
2661-1	Transformation de polymères	2,8 t/j	D	2661-1	Transformation de polymères par des procédés exigeant des conditions particulières de température ou de pression (Supérieure ou égale à 10 t/j mais inférieure à 70 t/j)	24,768 t/j	E
2910-A	Combustion, à l'exclusion des installations visées par les rubriques 2770, 2771, 2971 ou 2931	9,976 MW	DC	2910-A	Combustion, à l'exclusion des installations visées par les rubriques 2770, 2771, 2971 ou 2931 (Supérieure ou égale à 1 MW mais inférieure à 20 MW)	8,964 MW	DC
2920-1b	Installation de réfrigération ou de compression utilisant des fluides inflammables ou toxiques	146 kW	DC	Rubrique supprimée (décret 2018-900 du 22/10/18)			
2920-2b	Installation de réfrigération ou de compression (autres cas)	356 kW	D				
2921-2	Refroidissement évaporatif par dispersion d'eau dans un flux d'air généré par ventilation mécanique ou naturelle (La puissance thermique évacuée maximale est inférieure à 3 000 kW)	2 381 kW	D	2921	Refroidissement évaporatif par dispersion d'eau dans un flux d'air généré par ventilation mécanique ou naturelle (La puissance thermique évacuée maximale étant inférieure à 3 000 kW)	2 x 1 291 kW Soit 2 258 kW	DC
Modifiée par le décret 2018-900 du 22/10/18 de manière à viser également les activités de fermentation L'activité était déjà présente (voir ancienne rubrique 2253)				2220	Préparation ou conservation de produits alimentaires d'origine végétale Supérieure à 10 t/j	120 t de bières 16 t de drêche 196 t de soda Soir 332 t/j	E
2662	Stockage de matières plastique 1) Polyoléfine (Supérieur ou égal à 100 m ³ mais inférieur à 1 000 m ³)	60 m ³	NC	2662	Stockage de polymères (Supérieur ou égal à 100 m ³ mais inférieur à 1 000 m ³)	759 m ³	D

Situation déclarée selon l'AP du 10/05/1999				Situation future avec prise en compte des projets			
Rubrique	Désignation des activités	Volume des activités	Régime	Rubrique	Désignation des activités	Volume des activités	Régime
	Mise en place de l'atelier de charge dans les années 2000			2925-1	Ateliers de charge d'accumulateurs électriques (La puissance maximale étant supérieure à 50 kW)	62,2 kW	D
2940-2	Application, cuisson, séchage de vernis, peinture, apprêt, colle, enduit, etc. (Supérieure à 10 kilogrammes/jour, mais inférieure ou égale à 100 kilogrammes/jour)	<10 kg/j	NC	2940-2	Application, cuisson, séchage de vernis, peinture, apprêt, colle, enduit, etc. (Supérieure à 10 kilogrammes/jour, mais inférieure ou égale à 100 kilogrammes/jour)	70 kg/j	DC
	Rubrique créée par le Décret n° 2013-375 du 2 mai 2013 L'activité était déjà présente (voir ancienne rubrique 2253)			3642-2	Traitement et transformation de matières premières en vue de la fabrication de produits alimentaires ou d'aliments pour animaux ; uniquement de matières premières végétales (Supérieure à 300 t de produits finis par jour)	120 t de bières 16 t de drêche 196 t de soda Soir 332 t/j	A 3 km
	Mise en place du stockage dans les années 2010 Rubrique créée par le Décret n° 2014-285 du 3 mars 2014, article 4 (ancienne rubrique : 1212)			4421	Peroxydes organiques type C ou type D (Supérieure ou égale à 125 kg mais inférieure à 3 t)	2,028 t	D

Tableau 3 : Récapitulatif des rubriques ICPE du site

Le régime ICPE du site a été modifié depuis 1999 du fait du changement de la nomenclature ICPE :

- Le site était classé à Autorisation sous la rubrique 2253 et celle-ci a été supprimée,
- Le site était classé à Déclaration sous la rubrique 2920 et celle-ci a été supprimée,
- Le site est aujourd'hui classé à Enregistrement pour la rubrique 2220 qui a été créée en 2018,
- Le site est aujourd'hui classé à Autorisation pour la rubrique 3642 qui a été créée en 2013.

Notons tout de même que pour les deux nouvelles rubriques citées, la quantité journalière de boisson produite a augmenté depuis 1999 mais sans impact sur le régime ICPE du site.

Le régime ICPE a aussi été modifié suite à l'augmentation de certaines activités :

- Passage du régime de la Déclaration à l'Enregistrement vis-à-vis de la rubrique 2661 suite à l'augmentation de la production journalière,
- Classement à Déclaration vis-à-vis de la rubrique 2662 suite à l'augmentation du volume stocké,
- Classement à Déclaration vis-à-vis de la rubrique 2940 suite à l'augmentation de la production journalière.

Enfin, depuis 1999, deux nouvelles activités ont vu le jour (atelier de charge et stockage de peroxydes). Le site est donc soumis à 2 nouvelles rubriques ICPE à savoir la 2925 et la 4422 toutes deux à Déclaration

Le site projeté sera donc soumis à :

- Autorisation sous la rubrique 3642-2 ;
- Enregistrement sous les rubriques 2220 / 2661-1 ;
- Déclaration sous les rubriques 2662 / 2910-1 / 2921 / 2925-1 / 2940-2 / 4422 / 4735-1.

3.6.2. Classement SEVESO du site

La directive 2012/18/UE du 4 juillet 2012 dite directive SEVESO 3 relative aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses, est entrée en vigueur le 1^{er} juin 2015.

Compte-tenu du volume de ces activités, le site des Brasseries de Bourbon n'est pas classé SEVESO par la règle du dépassement direct ni du dépassement par cumul.

3.6.3. Classement IED du site

La directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, dite « IED » a été adoptée en 2010 et a été transposée en droit français par les décrets ci-après (partie réglementaire de la transposition du chapitre II de la directive) :

- le décret n° 2013-374 du 2 mai 2013 *portant transposition des dispositions générales et du chapitre II de la directive 2010/75/UE*. Ce décret définit les conditions d'application de la nouvelle section 8 du chapitre V du titre I du livre V du code de l'environnement,
- le décret n° 2013-375 du 2 mai 2013 modifiant la nomenclature des installations classées afin d'introduire dans la nomenclature les nouvelles rubriques 3000 correspondant à l'annexe 1 de la directive IED.

Etant donné l'ajout récent de la directive IED, cette dernière n'avait pas été prise en compte lors du dernier arrêté préfectoral de 1999.

Au vu de ses activités, le site est soumis à la rubrique 3642 (Traitement et transformation de matières premières en vue de la fabrication de produits alimentaires ou d'aliments pour animaux) et dépasse le seuil d'Autorisation.

Le site est donc soumis à la directive IED.

C'est ce classement qui déclenche la nouvelle demande d'autorisation environnementale.

4. Identification des potentiels de dangers

L'identification des potentiels a pour objectif de présenter les dangers liés aux installations du site et à l'environnement alentour. L'identification des potentiels de dangers est une étape essentielle dans l'optique de préparer les analyses de risques. Elle détermine les événements redoutés qui seront analysés.

4.1. Potentiels de dangers liés à l'environnement externe

4.1.1. Environnement naturel

4.1.1.1. Conditions météorologiques extrêmes

Le climat de La Réunion est tropical humide et se singularise surtout par de grandes variabilités liées à la géographie de l'île. L'influence du relief est tout aussi fondamentale que les effets de l'insularité. Ce climat est marqué par deux saisons :

- l'hiver austral de mai à novembre, plutôt sec et frais avec des précipitations quasi nulles dans l'ouest de l'île ;
- l'été austral, de décembre à avril, nettement plus chaud et pluvieux avec des précipitations fortes et des phénomènes cycloniques.

Les données climatologiques ci-dessous sont issues de la station de l'aéroport de Saint-Denis situé à 6 km à l'est du site. Cette station est représentative du contexte du site :

- Température minimale : 01 °C en septembre 1977 ;
- Température maximale : 37,8 °C en juin 1977 ;
- Moyenne des précipitations annuelles : 1727,3 mm/an ;
- Précipitation quotidienne maximale : 380 mm en 1978 ;
- Rafale de vent maximale : 183,3 km/h en 2002 ;
- Nombre maximal de jours avec un vent supérieur à 100 km/h : 3 en 1996.

La rose des vents ci-dessous met en évidence que les vents sont en provenance de l’est ouest avec des vitesses moyennes modéré (11 à 22 kts soit 20 à 40 km/h).



Figure 6 : Rose des vents
 Source : WindFinder – Aéroport de Saint-Denis

Les locaux et installations de l’établissement sont et seront dimensionnés pour répondre aux charges climatiques du secteur.

Les conditions climatiques ne sont pas retenues comme source potentielle de dangers pour le site.

4.1.1.2. Marées, courants et houle

Etant situé à 800 m du littoral, le site n’est pas directement soumis aux risques houles et tsunamis. De plus, le Plan de Prévention des Risques multirisques (PPR) de Saint-Denis, approuvé le 17 octobre 2012, met en évidence que le site n’est pas soumis au risque de submersion marine.

Les aléas de marée et de houles ne sont pas retenus comme source potentielle de dangers pour le site.

4.1.1.3. Inondation

La commune de Saint-Denis dispose d’un Plan de Prévention des Risques multirisques, approuvé le 17 octobre 2012. Un extrait de ce PPR est présenté ci-dessous :

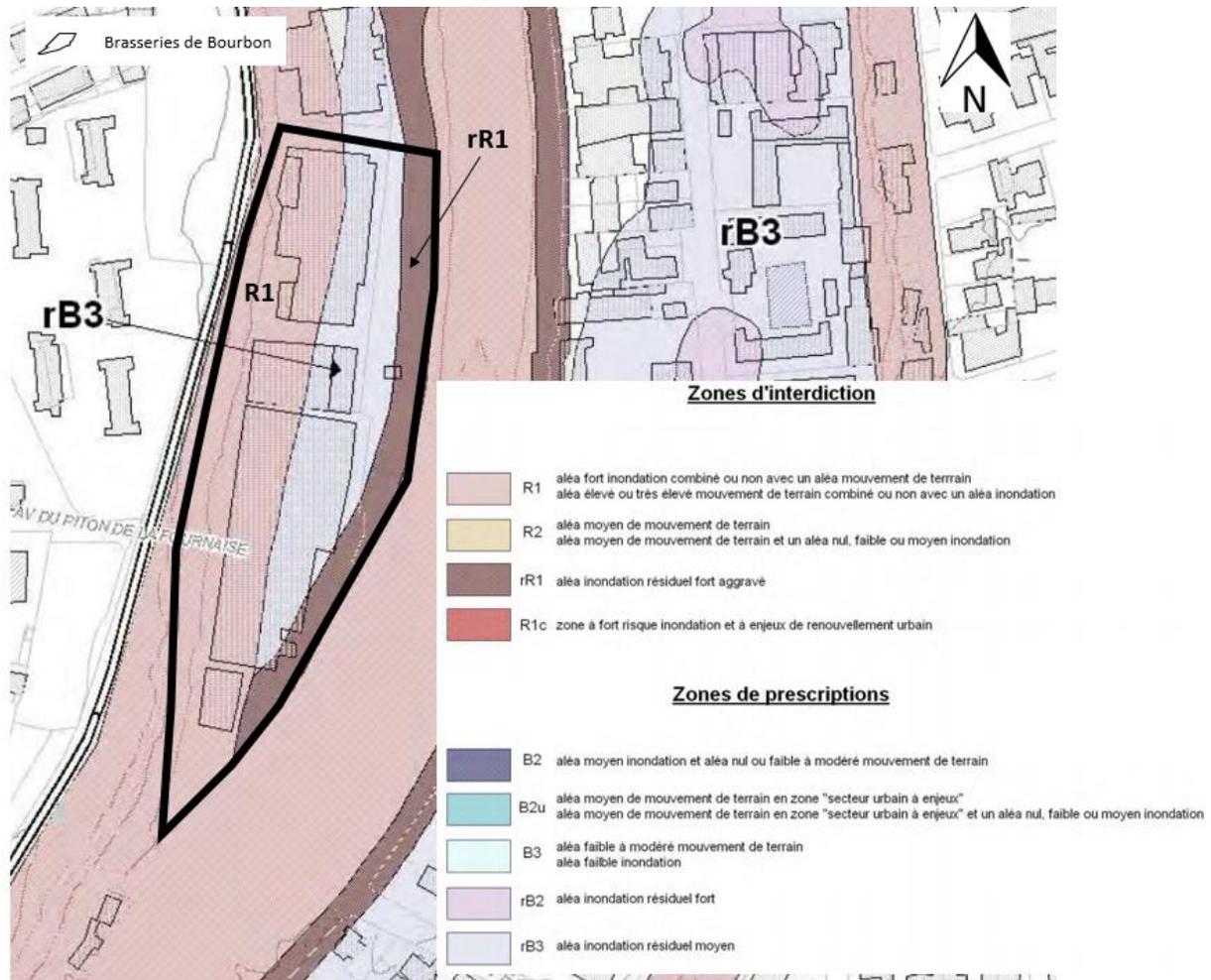


Figure 7 : PPR multirisques de Saint-Denis

Source : www.reunion.gouv.fr

Ce PPR met en évidence que les Brasseries de Bourbon sont situées :

Zone PPRT	Zone du site concernée	Aléa inondation	Aléa mouvement de terrain
Zone rR1	Au niveau de la limite de site surplombant de la rivière	Résiduel fort aggravé	Modéré à faible ou nul
Zone rB3	Au niveau des bâtiments du site coté est	Résiduel moyen	Modéré à faible ou nul
Zone R1	À l’arrière du site au niveau de la falaise et au niveau des bâtiments du site coté ouest	Fort	Élevé à très élevé

Il est à noter que la berge rive gauche de la rivière Saint Denis est constituée par un enrochement lié au béton tout le long du site, limitant fortement les phénomènes d’érosion et les phénomènes d’inondation. A cet ouvrage est associé un seuil de contrôle du niveau du lit au niveau de la partie amont du site.



Figure 8 : Enrochement lié de la berge rive gauche de la rivière Saint Denis

De mémoire du site, aucun phénomène d’inondation n’a été recensé. Toutefois la nature des phénomènes climatiques extrêmes de la Réunion ne permet pas d’exclure totalement l’aléa.

En cas d’épisode exceptionnel, une partie du site pourrait être inondée mais cela ne remettrait pas en cause sa sécurité. Les activités seraient arrêtées (alerte inondation ou cyclonique en vigueur au niveau du département) et le site se serait mis en sécurité (vidange tuyauterie GNR/JET, ammoniac, ...).

Le site dispose d’une procédure en cas de risque cyclonique permettant de sécuriser les activités du site. Cette procédure détaille les dispositions mises en place par le site en cas d’alerte cyclonique selon les différents niveaux d’alerte.

Des procédures spécifiques sont également présentes sur certaines installations (compresseurs, ...). Ces procédures sont disponibles sur le site.

L’inondation n’est pas retenue comme source potentielle de dangers dans la suite de l’étude pour les installations des Brasseries de Bourbon.

4.1.1.4. Cyclone

Comme l'ensemble du département de la Réunion, le site est localisé en zone 5 (zone la plus élevée), pour le vent selon les règles Vent 65, modifiées (février 2009), définissant les contraintes de vent à prendre en compte pour la construction d'installations.

La menace cyclonique à la Réunion s'étend de décembre à avril, avec un maximum de risque sur les trois mois d'été austral : entre janvier et mars. Néanmoins, dans le bassin cyclonique du Sud-ouest de l'océan Indien, des cyclones matures ont déjà été observés dès le mois d'octobre et jusqu'en mai.

En cas de menace cyclonique, le préfet déclenche les alertes prévues au plan de secours spécialisé « Cyclones » (PSS Cyclones) afin d'avertir en temps utile la population et les industriels. En cas de déclenchement du PSS Cyclones, toutes les activités du site seront stoppées.

Les phénomènes naturels, comme le cyclone, seront pris en compte dans les mesures constructives des installations.

Aucune autre prescription particulière relative au risque cyclonique n'est retenue pour l'agencement des installations du projet.

4.1.1.5. Eruption volcanique

Les éruptions volcaniques sont des phénomènes pour lesquels aucune localisation géographique précise n'est possible. Le risque volcanique n'est ainsi pas traité en prévention mais plutôt en surveillance, alerte et interventions de secours.

D'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) de la Réunion, la commune de Saint-Denis est :

- exposée au phénomène de cheveux de Pelé. Ces retombées ne génèrent pas de risque particulier pour les installations du site,
- exposée au risque de retombées de blocs et de cendres.

En cas d'éruption volcanique, le Préfet déclenche le Plan de Secours Spécialisé « volcan ». Ce plan prévoit les mesures d'information de la population, l'organisation des secours et la gestion des accès au site éruptif.

On ne retient aucune prescription particulière relative au risque d'éruption volcanique pour l'agencement et le dimensionnement des installations du projet.

4.1.1.6. Séisme

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d’un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d’occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l’Environnement modifiés par les décrets n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 et n° 2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l’Arrêté du 22 octobre 2010).

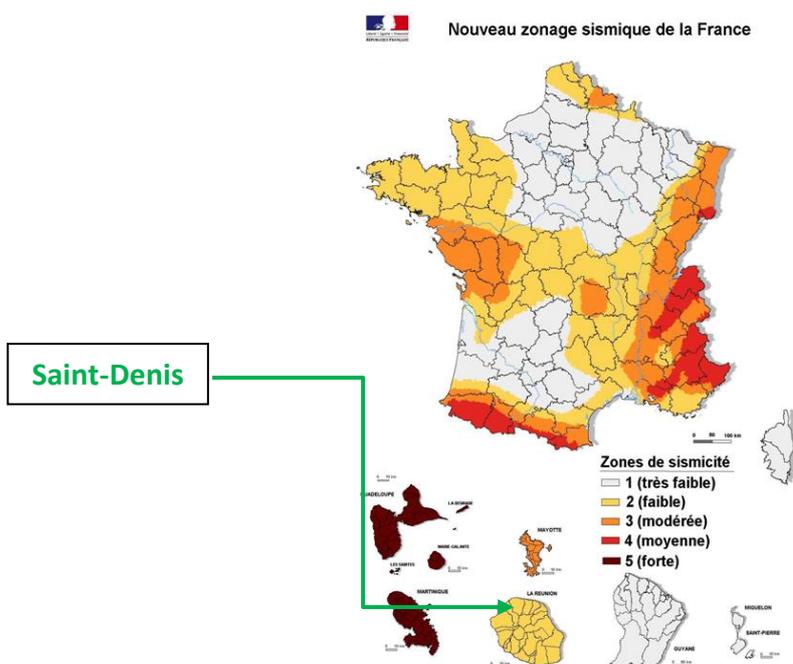


Figure 9 : Carte d’aléa sismique

La commune de Saint-Denis se situe, comme toute la Réunion en zone de sismicité faible (2).

Les séismes ne sont donc pas retenus comme sources de dangers pour le projet.

Etant donné que le site n’est pas soumis à la réglementation SEVESO, il n’est pas concerné par l’arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l’environnement soumises à autorisation et à sa section II sur les dispositions relatives aux règles parasismiques applicables à certaines installations.

Le site est concerné par l’arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », car des travaux seront réalisés. Mais en zone de sismicité 2 et pour des infrastructures d’importance II (accueillant moins de 300 personnes), aucune prescription n’est applicable.

Le projet n’est donc concerné par aucune obligation sismique.

4.1.1.7. Foudre

Une analyse du risque foudre (ARF) du site a été réalisée en décembre 2014 ainsi qu'une étude technique (ET) en 2015 par la société Apave. Une vérification des éléments liés à la protection contre la foudre a été réalisée en février 2019. Elle conclut en la bonne protection du site hormis une non-conformité d'un parafoudre dans la salle malt qui va être déconstruite suite au projet.

Une nouvelle étude foudre sera menée suite à la réalisation du projet afin de prendre en compte les différentes évolutions.

La foudre n'est donc pas retenue comme source potentielle de dangers pour le site (conformément au paragraphe 1.2.1 de la circulaire du 10 mai 2010).

4.1.1.8. Sol et sous-sol

D'après le site du BRGM, Infoterre, le site des Brasseries de Bourbon :

- Se situe dans une zone d'aléa nul vis-à-vis du risque de retrait et de gonflement d'argiles ;
- Ne se situe pas à proximité de cavité souterraine ;
- Se situe à proximité de zones ayant fait l'objet de mouvement de terrain. Un éboulement a été recensé au niveau du site.



Figure 10 : Mouvement de terrains à proximité du site

Source : Infoterre

La partie ouest du site est concernée par un aléa élevé mouvement de terrain du fait de la présence d'une falaise. L'aléa principal concerne les chutes de blocs isolés. Des dispositifs ponctuels sont en place pour se prémunir de ce risque. Des études sont en cours pour envisager une meilleure identification des aléas.

Des dispositifs de blocages ont pu être mis en place pour maintenir des déchaussements de blocs proches.



Figure 11 : Chutes de blocs de pierre - février 2022

Le risque lié à des éboulements au droit du site est réel du fait de la présence d’une falaise en limite ouest.

4.1.2. Environnement humain et industriel

4.1.2.1. Activités industrielles

Au vu du contexte très urbain du site, aucune autre industrie majeure n’est présente à proximité des Brasseries de Bourbon.

En limite nord du site se trouve un petit entrepôt de stockage de la CILAM (Compagnie laitière des Mascareignes). Ce dernier stocke des matières premières. Cet entrepôt n’est pas soumis au régime ICPE et ne possède pas d’étude de risques.

Le site n’est pas inclus dans un Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT).

Les installations industrielles ne sont donc pas retenues comme des événements initiateurs pour les Brasseries de Bourbon.

4.1.2.2. Voies de communication

➤ Réseau aérien :

L’aéroport le plus proche (Roland Garros) est celui de Saint-Denis à 6 km à l’est du site.

Le risque de chute d’aéronefs est à considérer conformément au §1.2.1 de la circulaire du 10 mai 2010 si le site se trouve à moins de 2 000 m d’un aéroport ou d’un aérodrome.

La chute d’aéronef n’est donc pas retenue comme potentiel de danger.

➤ Réseau fluvial ou maritime et ferroviaire :

Aucune voie de communication maritime n’est présente à proximité.

Il n’y a pas de réseau ferroviaire à La Réunion.

➤ Réseau routier :

Les routes les plus proches ayant un trafic important et accueillant potentiellement un transport de matières dangereuses sont la route N1 et la route N6 situées respectivement à 620 m au nord et à 450 m à l’ouest.

Cet éloignement permet d’écarter tout risque lié au transport de matières dangereuses.

Les risques liés aux voies de communication ne sont donc pas retenus comme source potentielle de dangers pour le site.

4.1.2.3. Canalisation de matières dangereuses

En dehors des réseaux acheminant les utilités du site (électricité, eau) aucun réseau public de transport de matières dangereuses par canalisations ne se trouve à proximité immédiate du site.

4.1.2.4. Malveillance

Le site est clôturé, il possède un portail d'accès surveillé par un poste de garde qui en délivre l'accès après vérification.

La malveillance n'est pas retenue comme source de dangers pour le site (conformément au paragraphe 1.2.1 de la circulaire du 10 mai 2010).

4.1.2.5. Autres risques technologiques

Aucun risque de rupture de barrage n'est retenu. La prise d'eau de la rivière Saint Denis à l'amont correspond à un seuil au fil de l'eau sans accumulation d'eau.

Du fait de la présence de la route de la Montagne qui surplombe le site de plus de 25 m, une chute de véhicules de la route sur le site est possible. Un muret protecteur en béton est présent afin d'éviter une sortie de route et une chute d'un véhicule. Cependant, si un poids-lourd, avec une vitesse suffisante au-dessus de la limitation autorisée, heurte ce muret il est possible que celui-ci ne suffise pas à éviter une chute sur le site.

Ce risque n'est tout de même pas retenu du fait de sa très faible probabilité (sortie de route d'un véhicule sur cette portion, véhicule lourd avec une vitesse excessive, muret non suffisant).

4.1.3. Synthèse des sources potentielles de dangers liées à l'environnement du site

Seul le risque d'éboulement et plus particulièrement de chutes de blocs depuis la falaise située en limite ouest du site est retenu comme source potentielle de dangers liés à l'environnement. Cette source de dangers est difficile à quantifier aussi bien en terme de gravité et de probabilité.

4.2. Potentiels de dangers liés aux produits

L'identification des potentiels de dangers liés aux produits a pour objectif de recenser les dangers associés aux produits. Il s'agit de qualifier les dangers (inflammabilité, toxicité, ...) présentés par les produits présents sur le site en quantité significative.

Produit	Utilisation sur site	Propriétés physiques et caractéristiques	Dangers associé	Retenu ?
Céréales	Riz, malt, orge utilisé comme matières premières pour la fabrication de bières Stockage en big bag et en silo	Poussières fines potentiellement explosives Produits combustibles	Explosion de poussières Incendie (feux couvant)	OUI
Sucre et sirop	Matières premières pour la fabrication de bières et de soda Stockage temporaire du sucre en big bag Stockage du sucre dissous en réservoir	Sucre solide pouvant former des poussières fines potentiellement explosives Sucre liquide dissous sans dangers	Explosion de poussières	NON (voir remarque 1)
Levure	Matières premières pour la fabrication de bières	Levure déshydratée. Inerte sans action spécifique	Aucun	NON
Bières	Produits finis Stocké en cuves	Produit aqueux sans danger	Aucun	NON
Soda	Produits finis Stocké en cuves	Produit aqueux sans danger	Aucun	NON
Stockage d'emballage	Stockage en masse dans le hall logistique Composé principalement de plastique mais aussi de verre et de futs métallique. Emballage pouvant être pleins ou vides	Produit combustible	Incendie	OUI
Gasoil Non Routier (GNR) Kérosène d'aviation (JET)	Carburant pour engins de manutention et camions Stockage dans 2 réservoirs aériens de 30 m ³ dans une rétention	Produit liquide Masse volumique : 820-845 kg/m ³ (15°C) Point d'éclair : > 55 °C Température d'auto-inflammation : > 250 °C Pression de vapeur : 0,4 hPa à 20 °C, Plage d'explosivité des vapeurs comprise entre 0,5 et 5 % volumique (voir remarque 2)	Incendie Explosion en milieu confiné Pollution	OUI
Dioxyde de carbone (CO ₂) liquéfié et sous pression	Gaz utilisé pour rendre gazeux les bières ou les sodas Stockage dans 2 réservoirs isolés sous vide	Gaz ni inflammable, ni explosible, ni comburant, ni toxique. Risque de sous oxygénation (anoxie) Risque de brûlure cryogénique	Toxique (anoxie) Explosion	OUI
Drêches	Résidu des céréales après soutirage de la préparation de la bière Stocké en cuve en attente de valorisation	Possible formation de gaz dans la cuve (formation de méthane par réaction biologique). Possible développement de feux couvant (auto-combustion)	Explosion Incendie	OUI
Eau glycolée (MPG)	Refroidissement des cuves de la brasserie En charge dans les tuyauteries	Eau glycolée = Eau + propylène glycol (33%)	Pollution	NON (voir remarque 3)
Ammoniac	Fluide frigorigène utilisé dans le groupe froid du site. En charge dans les tuyauteries ou en bouteilles	Gaz mortel en cas d'inhalation Gaz faiblement inflammable et réactif Plage d'explosivité des vapeurs comprise entre 16 et 25 % volumique	Toxique Incendie Explosion Pollution	OUI
Arômes inflammables	Additif pour la brasserie et la limonaderie. Stockage dans les chambres froides	Produit liquide inflammable	Incendie Explosion	OUI
Divers produits chimiques	Nettoyages et entretien des installations	Présence de produits inflammable et comburants Pas de produit mortel pour l'Homme Voir Annexe I	Incendie Explosion Pollution	NON (voir remarque 4)
		VELCORIN (dicarbonate de diméthyle) Produit mortel par inhalation	Toxique	Oui

Tableau 6 : Dangers liés aux produits

Remarque :

- 1) Bien que les poussières de sucre peuvent être explosives, une explosion de poussières de sucre n'est pas retenue dans la suite de l'étude. En effet, le sucre est stocké en big bag de petite quantité et est directement introduit dans la cuve pour broyage et dilution. La quantité de poussières potentiellement émises sera donc très faibles.
- 2) D'après le rapport du Groupe de Travail Dépôts Liquides Inflammables (GTDLI) de mai 2007 (UVCE dans un dépôt de liquides inflammables), pour les cas d'évaporation naturelle, en raison de leur faible pression de vapeur, les liquides de type gasoil ont un taux d'évaporation insuffisant pour former des nuages inflammables de volume important susceptible d'engendrer des explosions aux effets significatifs.
- 3) Les phénomènes de pollutions accidentelles ne sont pas traités dans le cadre des études de dangers.
- 4) Le site n'utilise pas directement de produits dangereux dans son procédé de fabrication de bières ou de boissons gazeuses. Les produits dangereux sont utilisés notamment pour le nettoyage des cuves et des installations ou pour les utilités (GNR/JET). La quantité de produits dangereux sur site est faible et, est surtout stocké en capacité unitaire de faible volume (bidon ou fût pour l'utilisation quotidienne).
- 5) Les risques pour les opérateurs (ensevelissement, brûlure, ...) ne sont pas traités dans le cadre des études de dangers.

4.3. Potentiels de dangers liés aux équipements et opérations

Dans cette partie, les différents procédés mis en œuvre sur le site sont identifiés afin de déterminer quels sont les potentiels de dangers liés aux différents équipements et opérations. Les potentiels de dangers des opérations et des équipements sont déterminés à partir des deux paramètres suivants :

- Dangers des produits mis en œuvre,
- Conditions opératoires et dérives éventuelles.

Opération / Zone	Equipement / Produits mis en œuvre	Evènement redouté	Potentiel de dangers	Retenu ?
Fabrication de la bière	Cuves à brasser	Montée en pression des cuves à brasser	Explosion	OUI
	Utilisation de CO ₂	Fuite de CO ₂ gazeux sous pression dans les ateliers	Explosion Toxique (anoxie)	NON (voir remarque 1)
	Autre partie de la chaîne de fabrication	Aucun	Aucun	NON
Fabrication de soda	Utilisation de CO ₂	Fuite de CO ₂ gazeux sous pression dans les ateliers	Explosion Toxique (anoxie)	NON (voir remarque 1)
	Autre partie de la chaîne de fabrication	Aucun	Aucun	NON
Stockage de céréales	Silos de stockage	Possibilité d’auto-échauffement et de développement d’un feu couvant	Incendie	OUI
Manutention de céréales	Silos de stockage Trémies de chargement	Formation d’un nuage de poussières lors des opérations de chargement/déchargement de céréales	Explosion	OUI
Dépotage GNR/JET	Aire de dépotage	Fuite lors du dépotage et épandage sur l’aire	Incendie	OUI
Stockage d’emballage	Majoritairement du plastique	Départ de feu dans le stockage	Incendie	OUI
Stockage GNR/JET	Réservoir de stockage	Fuite sur un réservoir de stockage et épandage dans la rétention	Incendie	NON (voir remarque 2)
Utilisation de CO ₂ liquéfié	Dépotage de CO ₂ liquéfié vers un réservoir	Fuite de CO ₂ liquéfié	Toxique (anoxie)	OUI
	Stockage de CO ₂ liquéfié en réservoir	Fuite de CO ₂ liquéfié Montée en pression d’un réservoir et rupture	Toxique (anoxie) Explosion (BLEVE)	OUI
	Tuyauterie d’alimentation	Fuite de CO ₂ liquéfié	Toxique (anoxie)	OUI
Stockage de drêches	Cuve de stockage	Début de fermentation. Formation de méthane et/ou de feux couvant	Explosion Incendie	OUI
Groupe froid (salles des machines)	Tuyauteries, condenseur, évaporateur, compresseur, soupape	Fuite au niveau d’un équipement	Toxique	OUI
			Incendie (jet enflammé)	NON (voir remarque 3)
			Explosion	OUI

Opération / Zone	Equipement / Produits mis en œuvre	Evènement redouté	Potentiel de dangers	Retenu ?
Stockage de bouteilles d’ammoniac	2 bouteilles d’ammoniac de 45 kg	Fuite d’une bouteille Bouteille prise dans un incendie	Toxique Explosion	OUI
Stockage d’arôme inflammable	Arôme inflammable en armoire	Epanchage de produits et source d’ignition	Incendie Explosion confinée dans l’armoire	NON (voir remarque 4)
Utilisation des arômes inflammables	Arôme inflammable en bidons au niveau des zones de process	Epanchage de produits et source d’ignition	Incendie	NON (voir remarque 4)
Opération de nettoyage et d’entretien	Divers produits chimiques	Epanchage de produits Réaction d’incompatibilité	Explosion Incendie	NON (voir remarque 5)
	VELCORIN (dicarbonate de diméthyle)	Epanchage du produit et émanation de vapeurs toxiques	Toxique	Oui
Stockage des produits de nettoyage et d’entretien	Divers produits chimiques	Fuite dans une armoire de stockage	Explosion Incendie	NON (voir remarque 5)
	VELCORIN (dicarbonate de diméthyle)	Epanchage du produit et émanation de vapeurs toxiques	Toxique	Oui
Chaufferie	Alimentation des chaudières en GNR/JET par les tuyauteries aériennes	Fuite au niveau d’une tuyauterie et épanchage au sol	Incendie en présence de source d’ignition	OUI
	Local chaufferie	Fuite au niveau du local ou dans une chaudière	Incendie en présence de source d’ignition	OUI
	Chambre de combustion	Dysfonctionnement lors de la phase d’allumage Mauvaise évacuation des fumées	Explosion	NON (voir remarque 6)
	Calendre	Montée en pression dans le corps de chauffe	Explosion	OUI
STEP	/	Aucun	Aucun	NON
Forage	/	Aucun	Aucun	NON

Tableau 4 : Dangers liés aux équipements/opérations

Remarque :

- 1) Quantité de gaz émises faible ne générant pas d’anoxie majeur (effet limité aux opérateurs). De même les effets de surpression liés à la détente du gaz sous pression génèrent des effets limités.
- 2) Les réservoirs de stockage de GNR/JET sont aériens et double enveloppe. Ils ne sont pas situés au niveau des voies de circulation. Ainsi, une fuite de GNR/JET dans la rétention n’est pas envisagée. De plus, en cas de fuite dans la 1^{ère} enveloppe une alarme sonore est déclenchée dans le bureau des machinistes. Cette alarme est reportée sur les téléphones des machinistes (SMS). Ainsi, le stockage en réservoir de GNR/JET n’est pas retenu comme source de dangers.

- 3) Du fait de l'inflammabilité de l'ammoniac, le scénario de jet enflammé suite à une fuite d'ammoniac dans la salle des machines est possible.
Cependant, en cas de jet enflammé, celui-ci viendra butter contre les parois de la salle des machines et restera confiné à l'intérieur de celle-ci.
De plus, l'inflammation immédiate d'un rejet continu ou instantanée d'ammoniac est quasiment impossible comme le décrit le rapport INERIS « Proposition d'une méthode semi-quantitative d'évaluation des probabilités d'inflammation » (valeur s'appuyant sur les études du BEVI).
De même, le guide INERIS pour la rédaction des études de dangers des installations de réfrigération à l'ammoniac (DRA-14-141532-11390C DRA71) n'identifie pas ce type de scénario comme pouvant être possible.
- 4) Les arômes inflammables sont stockés dans des armoires coupe-feu ATEX avec extraction d'air. Un départ de feu est peu probable et serait confiné à l'intérieur de l'armoire REI120. De même, un épandage conduisant à une explosion de l'armoire est peu probable au vu de la ventilation et du zonage ATEX. Au vu du volume de l'armoire (3,3 m³) une explosion ne générerait pas d'effets importants.
Ces arômes sont utilisés dans les ateliers pour le process. Ils sont amenés depuis les chambres froides en faible quantité unitaire (bidon ou fut) avant d'être utilisé rapidement. Aucun stockage n'est situé dans les ateliers. Le risque d'incendie en atelier est donc non retenu.
- 5) Les produits sont utilisés en petite quantité. Les opérateurs sont formés à leur utilisation et aux associés. Aucun risque majeur n'est identifié.
Ces produits stockés dans les différentes armoires du site sont classés par famille de produits afin d'éviter des incompatibilités. Les armoires sont adaptées à ce type de stockage et sont ventilées. Un accident majeur en lien avec l'utilisation ou le stockage de ces produits n'est pas envisagé.
- 6) Les effets d'une explosion de la chambre de combustion d'une chaudière seront faibles et limités au site. De plus, la présence de murs coupe-feu au niveau du local chaufferie permet de limiter les effets de l'explosion (absorption de l'énergie d'explosion par les murs). Les effets résiduels seront encore plus faibles). Enfin, la mise en place de barrières (balayage à l'air avant redémarrage, monitoring complet de l'installation, ...) permet de rendre ce scénario très peu probable.

4.4. Potentiels de dangers liés aux utilités

La perte de l’une des utilités du site perturbe son exploitation normale et peut potentiellement être une cause de défaillance ou une source de dangers.

Le tableau ci-dessous regroupe les utilités, les principaux dysfonctionnements susceptibles de se produire et leurs conséquences.

Les mesures de prévention et de protection associées sont également rappelées.

Utilité	Dysfonctionnement	Cause	Conséquence	Mesures de prévention/protection
Ammoniac	Perte d’ammoniac	Fuite Problème d’approvisionnement	Arrêt de la fabrication de froid Réchauffement des produits et perte de la production <i>Pas de dangers notable</i>	Arrêt de la fuite et maintenance préventive
Electricité	Arrêt des équipements électriques	Coupure réseau public	Arrêt certains équipements Arrêt de production et perte de la production <i>Pas de dangers notable</i>	/
Eau glycolée (MPG)	Perte de refroidissement de l’usine	Fuite	Réchauffement des produits et perte de la production <i>Pas de dangers notable</i>	Maintenance préventive
Vapeur	Perte de la vapeur de l’usine	Fuite	Arrêt de la production et perte de la production <i>Pas de dangers notable</i>	/
GNR/JET	Perte de l’alimentation des chaudières	Problème d’approvisionnement	Arrêt de fonctionnement des chaudières <i>Pas de dangers notable</i>	Barrière organisationnelle avec planning de livraison
Eau	Perte d’alimentation réseau publique	Coupure réseau public	Arrêt des activités du site (matières premières) <i>Pas de dangers notable</i>	Présence du forage pour alimenter le site et réseau communal en secours
			Plus d’eau pour les besoins domestiques et le nettoyage <i>Pas de dangers notable</i>	

Tableau 5 : Etude des pertes d’utilités

4.5. Réduction à la source des potentiels de dangers identifiés

4.5.1. Suppression / substitution

L’activité du site est la production de bières et de sodas pour l’ensemble de l’île de La Réunion. Il s’agit du leader de la production et de la distribution sur l’île qui génère près 2 000 emplois indirects.

La suppression ou la substitution de l’activité est impossible.

De mêmes, les matières premières utilisées ne peuvent pas être modifiées afin d’assurer une qualité homogène des produits finis.

Les produits annexes telle que les utilités sont nécessaires au bon fonctionnement du site.

4.5.2. Limitation des quantités

Les quantités de produits présents sur site sont limitées au strict nécessaire et adapté en fonction de la production.

4.5.3. Technologie utilisée

Depuis 1986, HEINEKEN est l’actionnaire majoritaire des Brasseries de Bourbon. Cet engagement a permis d’investir dans la durée, d’adopter les plus hauts niveaux d’exigence et de s’appuyer sur les expertises du deuxième brasseur international.

Les technologies utilisées sur le site sont donc standardisées selon les normes du groupe HEINEKEN.

La nouvelle salle à brasser en est la preuve avec la construction de nouveaux équipements plus modernes favorisant la production et diminuant sa consommation (eau et électricité).

De même, la mise en place d’armoires coupe-feu pour le stockage des arômes inflammables permet de réduire les risques d’incendie.

4.5.4. Lieu d’implantation

L’emprise du site est bien définie et n’est pas amenée à être modifiée.

4.6. Analyse de l'accidentologie

4.6.1. Accidentologie interne

Deux accidents importants ont été observés sur le site. Les autres accidents identifiés sont des accidents bénins ou des accidents du travail mais ne mettant pas en cause la sécurité du site.

➤ **« Geyser de bière »**

Déroulement :

Le jeudi 5 février 2015, la membrane d'explosion de la cuve de fermentation n°9 a rompu libérant immédiatement un « geyser » de bière atteignant environ de 8 mètres haut.

Une équipe a immédiatement organisé le transfert de la bière de la cuve n°9 vers une autre la cuve par le fond de cuve tandis que d'autres opérateurs sont montés sur le haut de la cuve pour maintenir la soupape de surpression ouverte afin de faciliter l'évacuation de la pression.

Une fois la pression évacuée, le « geyser » de bière s'arrêta.

Le volume perdu est évalué à 80 hl.

Il n'y a pas eu de blessé, l'équipement n'a pas été endommagé. Il n'y a pas eu d'intervention extérieure.



Causes :

L'installation est équipée de telle manière que si la pression dans la cuve monte pour atteindre 2 bars, la soupape de sécurité de surpression doit évacuer la pression. Cette soupape ne s'est pas déclenchée. La pression a continué d'augmenter jusqu'à 2.5 bars entraînant la rupture de la membrane d'explosion. Une analyse de l'équipement a montré que la soupape de sécurité était encrassée malgré un visuel propre ce qui n'a pas permis son déclenchement à 2 bars.

Retour d'expérience :

Les soupapes de surpression subissent une maintenance préventive interne avec une vérification et un calibrage tous les 18 mois.

La dernière maintenance préventive ayant eu lieu en août 2013. Le prochain était prévu en mars 2015.

Les membranes d'explosion n'ont jamais été changées depuis leur installation datant de 20 ou 30 ans. Bien qu'il n'y ait pas de date de péremption sur ce type d'équipement, le fournisseur suggère de les changer tous les 10 ans. Il ne s'agit pas d'une cause racine de l'incident mais il est nécessaire de considérer le changement de toutes les membranes d'explosion du site.

➤ Fuite d'ammoniac

Cet accident a fait l'objet d'un rapport dans la base de données ARIA du BARPI.

Accident : Fuite d'ammoniac dans une brasserie
N° 35215 - 25/11/2006 - FRANCE - 974 - SAINT-DENIS
C11.05 - Fabrication de bière

Le passage d'un compresseur en alerte basse pression permet de détecter 2 fuites d'ammoniac successives dans l'installation de réfrigération.

Une première fuite d'ammoniac dans le circuit d'eau glycolée a eu lieu le 25/11/06 sur l'un des échangeurs, la 2ème se produisant le 16/01/07 sur le second échangeur.

L'origine des fuites peuvent provenir

- D'un gel de l'eau glacée suite à une défaillance de la régulation et des sécurités ou à une mauvaise protection du glycol,
- Un retour trop chaud sur l'échangeur entraînant la déformation des cassettes.

La pression dans le circuit NH3 étant supérieure à celle du circuit eau glycolée, une partie de l'ammoniac a contaminé le circuit d'eau glycolée.

L'exploitant fait appel à une société extérieure (le fournisseur de l'installation) du 5 au 9 mars 2007 pour analyser les causes / circonstances de ces 2 incidents et prendre les premières mesures. Pour dégazer l'ammoniac de l'eau glycolée, l'exploitant met à l'air libre à partir du 12/03/07 le mélange dans un vase d'expansion implanté au-dessus de la salle des machines, mais à l'extérieur du bâtiment. L'exploitant évalue ainsi à 480 kg (240 kg par fuite) la quantité d'ammoniac partie dans l'eau glycolée, puis émise à l'atmosphère lors de l'aération du circuit eau glycolée.

Le site a également changé l'eau glycolé pour la remplacer de l'eau glycolé neuve sans trace d'ammoniac.

4.6.2. Accidentologie externe

La liste des accidents représentatifs sont recensés dans la base de données ARIA (Inventaire Des Accidents Technologiques et Industriels) du BARPI (Bureau d’Analyse des Risques et Pollutions Industrielles) qui répertorie les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publique ou à l’environnement.

ARIA recense plus de 52 000 accidents ou incidents survenus en France ou à l’étranger représentant à ce jour, environ 1 200 nouveaux événements par an.

Les recherches ont été réalisées le 13 octobre 2021 et le 15 mars 2022 en utilisant les mots clés suivants :

- Code NAF⁷ 11.05 : Fabrication de bière ;
- « Brasserie » avec comme matière impliqué « Ammoniac »
- Synthèse du BARPI sur les accidents dans les silos de matières végétale (réalisée par le BARPI) ;
- Synthèse du BARPI sur les raccordements au poste de chargement/déchargement (réalisée par le BARPI).

L’ensemble des recherches est présenté en Annexe II.

➤ **Code NAF 11.05 : Fabrication de bière :**

La recherche a permis d’identifier 38 événements en lien avec cette activité. Parmi ces événements, 14 ne sont pas retenus car ne correspondant pas à l’activité même de fabrication de bières. Ces éléments sont les suivants :

- Fuite de produit dangereux : acides nitrique, acide chlorhydrique ... (5 cas),
- Incendie divers (5 cas),
- Explosion de chaudière (1 cas),
- Pollution des eaux (3 cas).

Les accidents retenus sont les suivants :

- 15 fuites d’ammoniac au sein d’une unité de réfrigération :
 - 3 cas liés à des opérations de maintenance mal réalisées,
 - 6 cas liés à une défaillance matériel (vanne, pompe, ...),
 - 1 cas lié à une rupture de tuyauterie,
 - 3 cas liés à des raisons indéterminées,
 - 1 cas d’incendie dans une salle des machines mais non lié à l’utilisation d’ammoniac
 - 1 cas qui concerne les Brasseries de Bourbon (voir chapitre ci avant).
- 1 explosion d’une unité de réfrigération ammoniac suite à une fuite et une source d’ignition électrique
- 2 cas d’éclatement d’un hublot d’une cuve à brasser (montée en pression causée par une fermentation),
- Un effondrement de silo,
- Un incendie dans un convoyeur de céréales (maintenance),
- Un incendie dans un silo (feu couvant),
- Un incendie dans une salle à malt,
- Un incendie dans un atelier de remplissage des fûts.

⁷ NAF : Nomenclature des Activités Françaises / Code NAF de la forme 10

➤ **Brasserie et Ammoniac :**

La recherche a permis d'identifier 15 évènements en lien avec ces mots clés.
Parmi les 15 évènements, 14 ont déjà été traités dans la rubrique ci avant.

L'accident supplémentaire correspond à une fuite au niveau d'un compresseur suite à la rupture d'une tubulure d'égalisation de la pression.

Notons que ces accidents liés à l'ammoniac ne génèrent pas d'effets hors site. Seuls des personnels des sites ont pu être brûlés ou intoxiqués. Les riverains sont parfois confinés chez eux mais aucun cas d'intoxication n'a été identifié.

➤ **Synthèse du BARPI sur les accidents dans les silos de matières végétale :**

La base ARIA a établi, en mars 2008, une synthèse des accidents concernant les silos de matières végétale. Cette synthèse est partiellement reprise ci-dessous.

Le tableau suivant répartit les accidents français en fonction de leur typologie :

Typologie de l'évènement	%
Incendie / feu couvant	83 %
Explosion	13 %
Rejet dangereux	9 %
Effondrement	5 %
Chutes et/ou ensevelissement	1,5 %
Autres	0,7 %

Concernant l'explosion l'empoussièrement est la cause initiale de ces accidents. La "production" de poussières, inévitable dans l'activité des silos, peut en effet générer des atmosphères explosives. Les sources d'ignition identifiées sont pour la plupart liées à des travaux de maintenance même si des défaillances organisationnelles ou matérielles peuvent également générer l'explosion.

La présence d'évents (évacuation de la surpression et limitation de la montée en pression dans le silo) et de "découplage" des différents volumes (aucun lien entre les différents silos et les équipements annexes afin de ne pas favoriser la propagation du souffle de l'explosion) permet de limiter les dégâts.

Pour les phénomènes d'incendie, les sources d'ignitions sont similaires à celle des cas d'explosions. Des cas d'auto-échauffement sont également observés.

➤ **Synthèse du BARPI sur les raccordements au poste de chargement/déchargement :**

La base ARIA a établi, en juin 2007, une synthèse des accidents concernant les raccordements au poste de chargement/déchargement. Cette synthèse est partiellement reprise ci-dessous.

L'usage d'un bras de transfert est privilégié pour les opérations de transvasement fréquentes ou impliquant une quantité importante de produit. Correctement entretenu et utilisé dans le strict respect des procédures et modes opératoires édictés, il contribue généralement à une amélioration globale de la sécurité des opérations de transfert entre capacité mobile et stockage fixe par rapport à un flexible.

Les accidents extraits de la base ARIA illustrent, si besoin en était, la prépondérance du facteur organisationnel et humain dans le déroulement des accidents impliquant ce type de matériel.

L'état du matériel, exposé le plus souvent aux intempéries, constitue la première source potentielle d'accident :

- dégradation par usure ou corrosion et défaut d'entretien de pièces de liaison ou de canalisation rigide ou souple à l'origine ;
- raccord fileté défectueux suite à de mauvais managements répétitifs ;
- surfaces de contact dégradées altérant le serrage des brides et l'étanchéité d'un raccordement ;
- vieillissement prématuré d'un raccord, ...

Ce matériel régulièrement entretenu doit en outre subir des tests adaptés permettant de vérifier d'une part son étanchéité globale en situation d'exploitation, et d'autre part de s'assurer du bon fonctionnement des organes de sécurité.

L'automatisation de certaines tâches dans les postes de transfert n'a toutefois pas modifié fondamentalement la part prépondérante des opérations manuelles effectuées pour raccorder le bras à la capacité mobile puis le désaccoupler et le remiser après utilisation. Les opérateurs, directement exposés aux effets des produits transférés en cas de rejet accidentel doivent faire preuve de vigilance tout en appliquant scrupuleusement les modes opératoires correspondants.

La sécurité globale des opérations de transfert est tributaire des conditions d'immobilisation de la capacité mobile.

4.6.3. Prise en compte de l'accidentologie

L'analyse de l'accidentologie met en évidence la récurrence de certains types d'accidents.

Au niveau de l'activité de fabrication de bières, la présence de silos de stockage de céréales occasionne des risques d'explosions de poussières et d'incendie. Un risque d'effondrement et de perte de confinement du contenu fatal pour les opérateurs est également identifié.

Les activités liées aux cuves de stockage de carburant peuvent engendrer une fuite de produits notamment au niveau du poste de dépotage. Les conséquences de cette fuite sont souvent restreintes. Peu de cas d'incendie sont identifiés.

Les principales causes d'ignition, générant un incendie ou une explosion sont dues à des activités de maintenance ou de travaux.

Afin d'éviter ces accidents, le site met en œuvre des moyens de prévention adaptée et efficaces comme :

- Limitation des sources d'ignition,
- Zonage ATEX,
- Protocole de dépotage,
- Maintenance et entretien des équipements,
- ...

L'ensemble de ces moyens est détaillé au chapitre 9.

De plus, des nombreuses fuites d'ammoniac sont identifiés dans des installations similaires. Les fuites bien que limitées et ayant peu de conséquences sont souvent du a des défaillances matériels ou des erreurs lors des phases de maintenance.

Les sécurités mise en place sur le site permettent de limiter les fuites d'ammoniac et de les confiner en salle des machines (détecteurs gaz avec plusieurs seuils d'alerte allant jusqu'à l'arrêt de l'installation et la fermeture des vannes).

Ces moyens sont détaillés au chapitre 5.2.1.

4.7. Synthèse des potentiels de dangers

Les potentiels de dangers mis en évidence dans ces analyses sont les suivants :

- Explosion des cuves à brasser ;
- Incendie dans les silos de stockage de céréales ;
- Explosion de poussières dans les silos de stockage de céréales ;
- Incendie sur l’aire de dépotage GNR/JET ;
- Incendie du stockage d’emballage ;
- Utilisation du dioxyde de carbone liquéfié :
 - Phénomène d’anoxie au dépotage,
 - Phénomène d’anoxie ou d’explosion lors du stockage,
 - Phénomène d’anoxie lors de l’alimentation des ateliers,
 - BLEVE d’un réservoir ;
- Incendie dans la cuve à drêches ;
- Dispersion toxique d’ammoniac au niveau d’une bouteille ;
- Explosion d’une bouteille d’ammoniac ;
- Dispersion toxique d’ammoniac dans la salle des machines ;
- Explosion d’ammoniac dans la salle des machines ;
- Incendie suite à une fuite de tuyauteries de GNR/JET ;
- Incendie dans le local chaudière ;
- Explosion d’une chaudière ;
- Dispersion toxique de VELCORIN.

La figure suivante localise ces dangers :

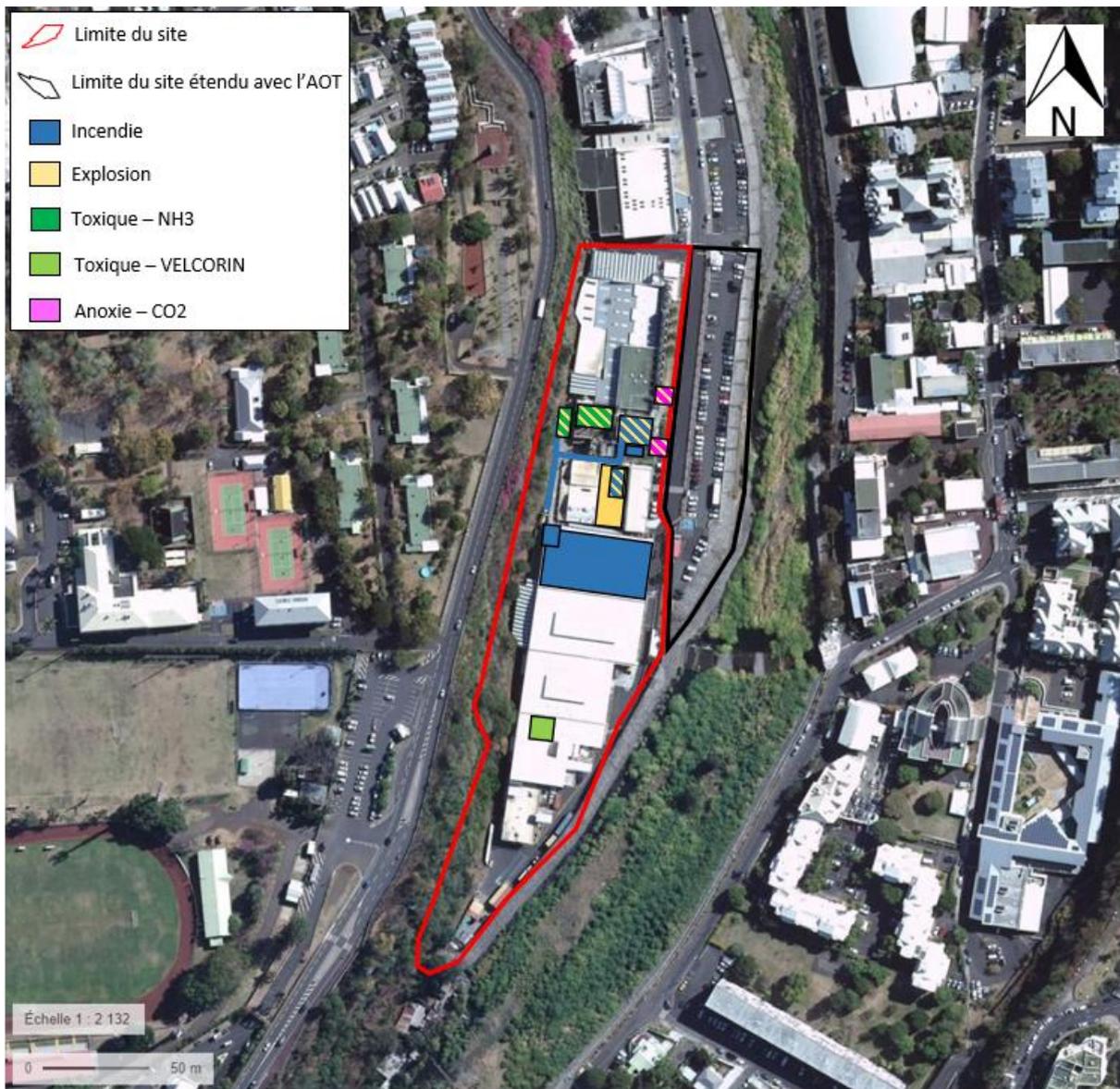


Figure 12 : Synthèse des potentiels de dangers

5. Choix des phénomènes dangereux retenus

5.1. Analyse préliminaire des risques

L'objectif est d'identifier l'ensemble des scénarii d'évènements à caractère dangereux en lien avec l'exploitation étudiée et susceptibles de présenter un risque vis-à-vis de tiers.

Ces évènements à risques sont établis sur la base des dangers potentiels identifiés lors de l'étape précédente. Les évènements étudiés sont ceux pour lesquels un risque peut potentiellement avoir des répercussions hors du périmètre d'exploitation.

N°	Activité	Source du risque (CAUSE)	Nature du risque (CONSEQUENCE)	Mesures de prévention	Mesures de protection	Retenu
1.1	Fabrication de bière	Montée en pression d'une cuve à brasser (fermentation)	Eclatement d'une cuve à brasser	Protocole de brassage connu et maîtrisé Monitoring de la fabrication avec détecteur de pression	Système de bondonage (identique soupape de décharge) Disque de rupture Cuve non prévue pour résister à la surpression (Pression max limitée) Présence de partie fragile (hublot, trou d'homme)	NON Effet local et limité Pas d'éclatement de la cuve (seulement un hublot ou un trou d'homme)
2.1	Stockage d'emballage dans le hall logistique	Source d'ignition	Incendie du stockage d'emballage	Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, mise à la terre des silos, ...)	Moyens de lutte incendie (extincteurs, RIA, bouche incendie ...)	OUI
3.1	Stockage de céréales en silo	Auto-échauffement des céréales ou source d'ignition	Incendie d'un silo	Temps de séjour court dans le silo Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, mise à la terre des silos, ...) Zonage ATEX	Moyens de lutte incendie (extincteurs, RIA, bouche incendie ...)	NON Effets de l'incendie limités au vu de la taille du silo (2,5 m de diamètre) et du type d'incendie (feux couverts)

N°	Activité	Source du risque (CAUSE)	Nature du risque (CONSEQUENCE)	Mesures de prévention	Mesures de protection	Retenu
3.2	Manutention de céréales et mise en suspension de poussières	Formation d'une atmosphère explosive + Source d'ignition	Explosion d'un silo	Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, mise à la terre des silos, ...) Zonage ATEX	Présence d'évents/de trappes pour évacuer la surpression	OUI
4.1	Déchargement d'un camion-citerne de GNR/JET	Fuite lors du dépotage (corrosion ou défaillance citerne du camion-citerne, défaillance ou arrachement flexible, ...)	Epanchage de liquide inflammable sur l'aire de dépotage	Camion-citerne conforme à la réglementation Contrôle visuel Entretien et maintenance des flexibles Contrôle visuel Camion-citerne à l'arrêt avec roues calées Plan de circulation Formation CACES	Arrêt d'urgence Aire de dépotage délimitée par un caniveau Présence d'absorbants Séparateurs d'hydrocarbures et vannes de sectionnement	OUI Epanchage possible
4.2		Epanchage de liquide inflammable + Source d'ignition	Feu de nappe sur l'aire de dépotage	Arrêt d'urgence Aire de dépotage délimitée par un caniveau Présence d'absorbants Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, mise à la terre des silos, ...) Zonage ATEX	Moyens de lutte incendie (extincteurs, RIA, bouche incendie ...)	OUI
4.3		Feu de nappe sur l'aire de dépotage	Inflammation du ciel gazeux de la citerne du camion-citerne	Moyens de lutte incendie (extincteurs, RIA, bouche incendie ...) Camion-citerne ou engin mobile pouvant être évacué	/	NON Cas de la cuve de GNR/JET de 30 m ³ majorant Voir chapitre 6.4 sur l'évaluation des effets dominos
4.4		Arrachement flexible + Source d'ignition	Jet enflammé au niveau du flexible	Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, mise à la terre des silos, ...) Zonage ATEX	/	NON Scénario équivalent à une fuite enflammé remplissant l'aire de dépotage (voir cas 3.2)

N°	Activité	Source du risque (CAUSE)	Nature du risque (CONSEQUENCE)	Mesures de prévention	Mesures de protection	Retenu
5.1	Remplissage d'un réservoir de CO ₂ par camion-citerne	Sur remplissage du réservoir	Montée en pression du réservoir par les pompes du camion-citerne causant un épandage de CO ₂ liquide	Procédure de remplissage	Présence d'au moins 2 soupapes Présence d'opérateurs arrêtant la fuite	OUI
5.2			Montée en pression naturelle du réservoir (dilatation thermique) causant un épandage de CO ₂ liquide	Procédure de remplissage	Présence d'au moins 2 soupapes Présence d'opérateurs arrêtant la fuite	NON (cas 5.1 majorant)
5.3		Arrachement de flexible, fuite ou mauvaise étanchéité sur un joint, formation de neige carbonique dans le réservoir, ...	Fuite de CO ₂ liquide sur l'aire de dépotage	Procédure de remplissage Procédure d'élimination de la neige carbonique et de remontée progressive en pression selon procédure fabricant Asservissement du système de freinage sur détection ouverture du coffre arrière	Bouton d'arrêt d'urgence (arrêt pompe de déchargement et fermeture vanne de déchargement) Possibilité pour le conducteur de fermer la vanne de fond du réservoir Bride anti-arrachement côté réservoir (fermeture en cas de mise en tension)	OUI
6.1	Stockage de CO ₂ en réservoirs	Vanne restée ouverte après remplissage, choc externe	Perte de confinement du réservoir	Procédure de remplissage	/	OUI
6.2		Perte de vide dans la double-enveloppe, réservoir non sur-rempli pris dans un incendie	Montée en pression du réservoir causant un BLEVE ou un épandage de CO ₂ liquide	Détection visuelle par opérateur de présence de givre Inspection périodique Réservoir conçu pour tenir au feu	Présence d'au moins 2 soupapes	OUI
7.1	Alimentation des ateliers en CO ₂	Rupture par choc, vibration à cause de la pompe de soutirage, fuite ou casse mécanique	Fuite sur une ligne de soutirage du réservoir	Plan de prévention pour tous travaux Procédure de remplissage Pompe raccordée par conduite flexible pour amortir les vibrations Maintenance préventive Mis en place d'une protection mécanique des tuyauteries	/	OUI

N°	Activité	Source du risque (CAUSE)	Nature du risque (CONSEQUENCE)	Mesures de prévention	Mesures de protection	Retenu
8.1	Stockage des drêches	Formation de méthane par réaction biologique (si séjour long) + Source d'ignition	Explosion de la cuve	Temps de séjour court dans la cuve de stockage Enlèvement sous les 2 jours Formation de méthane impossible	/	NON Scénario non réalisable
8.2		Auto-échauffement des drêches et développement d'un incendie	Incendie de la cuve	Temps de séjour court dans la cuve de stockage Enlèvement sous les 2 jours Drêches faiblement combustible (très humide)	Moyens de lutte incendie (extincteurs, RIA, bouche incendie ...)	NON Effets de l'incendie limités
9.1	Groupe froid	Fuite sur un équipement ou sur une tuyauterie du local groupe froid	Dispersion d'ammoniac toxique par inhalation	Procédures de conduite et d'exploitation de l'installation Vérifications réglementaires et maintenance périodiques Détection incendie DéTECTEURS gaz avec seuils d'alerte	DéTECTEUR gaz dans le local groupe froid asservie à l'arrêt de l'installation, à la fermeture des vannes et à la ventilation Rideau d'eau sur une face	OUI ⁸
9.2		Fuite sur un équipement ou sur une tuyauterie du local groupe froid + Source d'ignition	Explosion d'ammoniac dans la salle des machines	Procédures de conduite et d'exploitation de l'installation Vérifications réglementaires et maintenance périodiques Détection incendie DéTECTEURS gaz avec seuils d'alerte Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, mise à la terre des silos, ...) Zonage ATEX	/	OUI

⁸ Voir détail au chapitre 5.2

N°	Activité	Source du risque (CAUSE)	Nature du risque (CONSEQUENCE)	Mesures de prévention	Mesures de protection	Retenu
10.1	Stockage des bouteilles d'ammoniac	Fuite au niveau d'une bouteille	Dispersion d'ammoniac toxique par inhalation	Bouteilles sanglées et stockées dans un espace grillagé. Faible quantité servant uniquement à recharger l'installation groupe froid	/	NON Effets toxiques faibles et limités au site (Quantité unitaire d'ammoniac faible : 45 kg)
10.2		Incendie à proximité ou choc	Eclatement d'une bouteille d'ammoniac	Bouteilles sanglées et stockées dans un espace grillagé. Faible quantité servant uniquement à recharger l'installation groupe froid	Moyens de lutte incendie (extincteurs, RIA, bouche incendie ...)	NON Effets de surpression faibles et limités au site (Quantité unitaire d'ammoniac faible : 45 kg)
11.1	Tuyauteries aériennes d'alimentation de la chaufferie	Fuite (corrosion, fatigue, ...) + Source d'ignition	Feu de nappe en extérieur	Arrêt d'urgence Tuyauteries aériennes supprimant le risque de collision avec véhicule Présence d'absorbants Ronde du personnel Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, mise à la terre des silos, ...)	Moyens de lutte incendie (extincteurs, RIA, bouche incendie ...)	NON Quantité épanchée très faible car pas de rupture guillonne envisagée (tuyauteries aériennes) Effets thermiques limités
12.1	Chaufferie	Fuite de GNR/JET au niveau du local ou dans une chaudière + Source d'ignition	Feu de nappe dans le local chaufferie	Limitation des sources d'ignition (formation du personnel, permis feu, plan de prévention, mise à la terre des silos, ...) Zonage ATEX Détection incendie Contrôle d'accès à la chaufferie	Moyens de lutte incendie (extincteurs, RIA, bouche incendie ...) Murs coupe-feu	NON Effets thermiques confinés en chaufferie par les murs coupe-feu
12.2		Incendie à proximité ou Défaut de régulation de pression (vanne de sortie vapeur fermée, excès de combustible, ...)	Montée en pression et explosion du corps de chauffe de la chaudière	Détection incendie Arrêt chaudières sur détection de pression haute Présence de pressostat	Soupapes de surpression Murs coupe-feu épais	OUI

N°	Activité	Source du risque (CAUSE)	Nature du risque (CONSEQUENCE)	Mesures de prévention	Mesures de protection	Retenu
13.1	Stockage de VELCORIN	Perte de confinement d’un bidon	Formation d’une nappe de liquide et émanation de vapeurs toxiques	Stockage dans une armoire dédiée de la limonaderie avec une aspiration. Faible quantité de stockage (145 kg soit 180 l) et faible quantité de stockage unitaire (6 kg soit 7,5 l). Transport sur palette vers l’armoire de stockage.	Produit situé dans la limonaderie. Nuage toxique contenu dans ce bâtiment. Pas d’effets externe.	NON Produit liquide ayant une faible volatilité (Pvap à 20 °C : 70 Pa)
13.2	Utilisation de VELCORIN	Perte de confinement d’un bidon	Formation d’une nappe de liquide et émanation de vapeurs toxiques	Faible quantité de stockage unitaire (6 kg soit 7,5 l) Transport d’une bouteille dans un petit chariot pour branchement manuel au niveau de la soutireuse	Présence de personnel à proximité avec présence d’absorbant pour neutraliser la fuite. Produit situé dans la limonaderie. Nuage toxique contenu dans ce bâtiment. Pas d’effets externe.	NON Produit liquide ayant une faible volatilité (Pvap à 20 °C : 70 Pa)

Tableau 6 : Analyse préliminaires des risques

5.2. Cas particulier de l'ammoniac dans le local groupe froid

5.2.1. Description de l'installation de réfrigération ammoniac du site

L'installation de réfrigération du site permet de refroidir les différents éléments nécessaires à la production.

Ce refroidissement se fait par l'intermédiaire d'un groupe froid fonctionnement à l'ammoniac et d'un circuit secondaire à l'eau glycolée MPG (Mono Propylène Glycol) refroidi via un échangeur à chaleur. Ce sont les circuits d'eau glycolée MPG qui vont circuler sur tout le site pour refroidir les installations.

Le circuit est composé de 1 400 kg d'ammoniac et de 55 000 l d'eau glycolé MPG 33 %.

➤ Description matériel :

- 1 séparateur ammoniac de 3 370 l commun à toute l'installation ;
- 3 compresseurs (Régime de fonctionnement -8°C /+30°C) :
 - Sabroe 151L, Puissance 634 kW,
 - Sabroe S24, Puissance 336 kW,
 - Sabroe S26, Puissance 600 kW ;
- 2 Tours Aero Réfrigérante (TAR) :
 - Référence : Baltimore VXC S 455,
 - Puissance unitaire : 1 204 kW,
 - Régime de fonctionnement -8°C /+36° C,
 - Présence d'un capotage autour des tuyauteries afin de canaliser une fuite de gaz vers la salle des machines ;
- 2 échangeurs de chaleur à plaques ammoniac / eau glycolée MPG :
 - Référence : Thermoline TL 650,
 - Puissance : 800KW ;
- 1 purgeur automatique d'eau / huile de 150 l ;

Deux bouteilles d'ammoniac de 45 kg sont également présentes afin de faire compléter et de faire l'appoint du circuit principal (contenant 1,347 t d'ammoniac). Cela est nécessaire lors des travaux de maintenance.

➤ Fonctionnement :

- Les compresseurs aspirent de l'ammoniac sous forme de gaz. Ils compriment ce dernier pour l'envoyer vers les condenseurs ;
- Les deux condenseurs évaporatifs sont constitués d'un circuit dans lequel circulent l'ammoniac HP (Haute Pression). L'ammoniac HP est refroidi par l'eau de refroidissement ce qui a pour conséquence de condenser l'ammoniac. Un second circuit est intégré dans les condenseurs, permet de refroidir les huiles des compresseurs ;
- Deux purgeurs jouent le rôle d'organe de détente, avec, en amont le liquide HP issu des condenseurs, et en aval un mélange liquide + gaz en BP (Basse Pression) ;

- Un réservoir joue le rôle de séparateur d’ammoniac BP. La partie liquide est destinée à alimenter les évaporateurs à plaques ;
- Les 2 évaporateurs à plaques permettent de refroidir l’eau glycolée MPG via l’ammoniac liquide BP ;
- La partie gazeuse produite par l’évaporation dans les évaporateurs est aspirée par les compresseurs pour recommencer un cycle de refroidissement ;
- 3 pompes de distribution envoient l’eau glycolée MPG dans les circuits du site et vers un réservoir de stratification.

➤ **Paramètres (mesure de mars 2022) :**

- HP : 11,9 bars ;
- BP : 2,3 bars ;
- Température huile sortie réfrigérant : 48 °C ;
- Température huile entrée réfrigérant : 78 °C ;
- Température glycol sortie échangeur ammoniac : -4,0 °C ;
- Température glycol entrée échangeur ammoniac : +1,5 °C ;
- Pression séparatrice BP : 2,23 bars ;
- Pression refoulement tours : 10,3 bars ;
- Pression réseau d’eau glycolé : 2,8 bars

➤ **Surveillance :**

La salle des machines est gérée de manière automatique par un automate (Central Oldham MX 43). Les éléments de surveillance présents dans la salle des machines sont les suivants :

- Deux capteurs de gaz (CTX300) en salle des machines :
 - 1^{er} seuil : 25 ppm (tempo de 15min),
 - 2^{ème} seuil : 50 ppm (tempo de 15min),
 - 3^{ème} seuil : 100 ppm sans tempo,
- Deux capteurs explosimètre (OLCT100XP) en salle des machines :
 - 1^{er} seuil : 100 ppm,
 - 2^{ème} seuil : 200 ppm,
- Deux capteurs explosimètre (OLCT100X) au-dessus des Tours réfrigérantes :
 - 1^{er} seuil : 100 ppm,
 - 2^{ème} seuil : 200 ppm.

Le déclenchement des seuils :

- 25 et 50 ppm actionnent :
 - Sirène sonore de proximité,
 - Voyant lumineux de proximité,
 - Extraction d’air en petite vitesse dans la salle des machines (4 500 m³/h),
 - Envoi de SMS,
- 100 et 200 ppm actionnent :
 - Fermeture des 5 vannes de barrage ammoniac permettant de limiter une fuite d’ammoniac (vanne à sécurité positive fonctionnant à l’air comprimé) :
 - Collecteur HP des compresseurs vers les deux TAR,
 - Sortie du collecteur commun aux deux TAR vers flotteur 1,
 - Sortie du collecteur commun aux deux TAR vers flotteur 2,

- Entrée collecteur commun aux deux échangeurs à plaque,
- Plus utilisé (purgeur automatique),
- Arrêt de l’installation froid (compresseurs et pompes de circulation d’eau glycolé),
- Coupure électrique de toutes l’installation,
- Sirène sonore sur tout le site,
- Voyants lumineux sur tout le site,
- Envoi de SMS,
- Extraction d’air en grande vitesse dans la salle des machines (9 000 m³/h mais débit réel de 7 568 m³/h - test APAVE).

Un rideau d’eau est disponible sur une seule des portes d’accès à la salle des machines (coté falaise). Aucun asservissement ne gère ce rideau d’eau, il est manuel et s’actionne à l’aide d’une vanne.

Enfin, le personnel en poste effectue des tournées de rondier au minimum 3 fois par jour.

5.2.2. Prise en compte et choix des scénarios

L’analyse des risques et les phénomènes dangereux retenus ci-après sont basés sur le rapport INERIS du 27/02/2015 : N° DRA-14-141532-11390C DRA71 – opération A2 - Guide pour la rédaction des études de dangers des installations de réfrigération à l’ammoniac.

Ce guide propose une méthodologie pour sélectionner les types de phénomènes dangereux à prendre en compte dans une installation frigorifique fonctionnant à l’ammoniac.

Les phénomènes sont 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 que l’on peut retrouver sont les suivantes :

- salle des machines ;
- extérieur (terrasse ou au sol) ;
- zone d’utilisation (chambre froide, surgélateurs...) et/ou gaines techniques entre la salle des machines et les zones d’utilisation.

Ensuite, pour une localisation donnée, une hiérarchisation des scénarios est réalisée.

Type du rejet	Effets attendus
HP liquéfié	Effets importants ⁹
BP liquéfié	Effets importants ⁹
HP gaz	Effets modérés
BP gaz	Effets minimales

⁹ Il est difficile de conclure d’emblée sur la hiérarchisation du scénario HP liquéfié et BP liquéfié. Ces deux scénarios sont considérés comme ayant les effets plus importants.

Sur le site, le local groupe froid est composé d’une salle des machines et de Tour Aero Réfrigérante (TAR) en toiture.

La majorité de l’ammoniac est confinée en salle des machines, hormis lors de son passage dans les TAR. *Pendant, un capotage permet de confiner une fuite dans la salle des machines.*

Ainsi, les phénomènes dangereux qui seront étudiés sont les suivants :

Localisation	Type du rejet présent	Type du rejet retenu	Phénomènes dangereux retenus
Salle des machines	Tout type de rejet	BP liquéfié HP liquéfié	1 : Rupture accidentelle sur le circuit BP en sortie du séparateur liquide dans la salle des machines 2 : Rupture accidentelle sur circuit HP en sortie d’un condenseur en toiture
Extérieur	Sans objet (capotage)	/	/
Zone d’utilisation	Sans objet	/	/

Le schéma ci-dessous détaille l’installation frigorifique du site et localise les phénomènes dangereux étudiés :

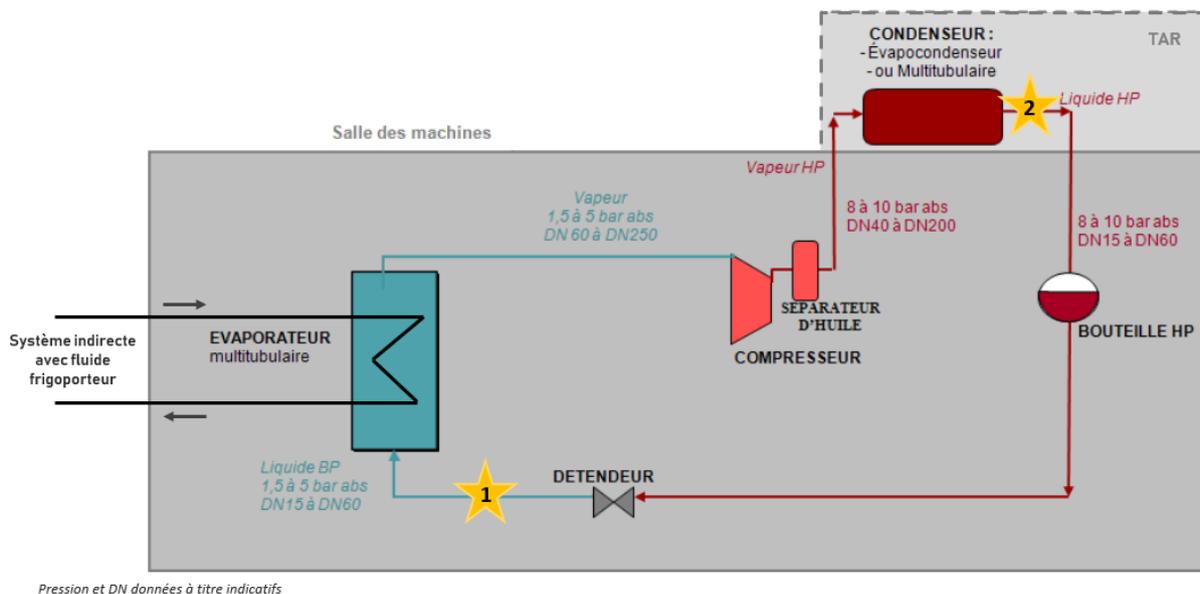


Figure 13 : Schéma de l’installation frigorifique

5.3. Phénomènes dangereux retenus

Suite à l’analyse préliminaire des risques, les phénomènes dangereux identifiés retenus sont présentés ci-dessous :

Référence APR	Phénomène dangereux	Numéro
2.1	Incendie du stockage du hall logistique	PhD1
3.2	Explosion de poussière dans un silo de stockage de céréales	PhD2
4.2	Incendie au niveau du poste de dépotage GNR/JET	PhD3
9.1	Rupture accidentelle sur le circuit BP en sortie du séparateur liquide dans la salle des machines	PhD4a
9.1	Rupture accidentelle sur circuit HP en sortie d’un condenseur en toiture	PhD4b
5.3	Fuite lors d’un dépotage de CO ₂	PhD5
5.1 / 6.1 / 6.2	Perte de confinement d’un réservoir de CO ₂	PhD6
7.1	Rupture conduite de soutirage d’un réservoir de CO ₂	PhD7
12.2	Explosion du corps de chauffe d’une chaudière	PhD8
9.2	Explosion de la salle des machines	PhD9
6.2	BLEVE d’un réservoir de CO ₂	PhD7

Tableau 7 : Liste des phénomènes dangereux retenus

Remarque :

- 1) Les deux réservoirs de CO₂ liquéfié sont quasiment identiques. Les modélisations seront donc valables pour les deux.
- 2) Le BLEVE d’un réservoir de CO₂ liquéfié n’a pas été retenu dans cette étude. En effet, aucun scénario d’incendie n’a été identifié à proximité des deux réservoirs. Aucun effet domino thermique majeur n’est donc à prévoir.
 Un incendie de plus faible ampleur (incendie de bâtiment ou de véhicule) est possible mais il ne suffirait pas à déclencher un BLEVE. En effet, les réservoirs de CO₂ liquéfié disposent d’une double-enveloppe isolé sous vide et d’une capacité d’absorption thermique importante (liquide à -17°C). Cela limite les cas d’échauffement du liquide.

6. Modélisations des phénomènes dangereux

6.1. Seuils d’effet utilisés

6.1.1. Effets thermiques et de surpression

Les seuils retenus dans le cadre de la modélisation des phénomènes dangereux sont définis par 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 des dangers des installations classées soumises à autorisation » :

Effets prévisibles sur les structures	Effets prévisibles sur l’homme	Flux thermiques
Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton	/	20 kW/m ²
Seuil d’exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton	/	16 kW/m ²
Seuil des effets dominos et correspondant au seuil des dégâts graves sur les structures	Seuil des effets létaux significatifs (SELS) correspondant à la zone de dangers très graves pour la vie humaine	8 kW/m ² 1 800 (kW/m ²) ^{4/3} .s
Seuil des destructions de vitres significatives	Seuil des premiers effets létaux (SEL) correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine	5 kW/m ² 1 000 (kW/m ²) ^{4/3} .s
/	Seuil des effets irréversibles (SEI) correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine	3 kW/m ² 600 (kW/m ²) ^{4/3} .s

Tableau 8 : Seuils d’effets des flux thermiques

Effets prévisibles sur les structures	Effets prévisibles sur l’homme	Surpression
Seuil des dégâts très graves sur les structures	/	300 mbar
Seuil des effets dominos	Seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine (SELS)	200 mbar
Seuil des dégâts graves sur les structures	Seuil des premiers effets létaux (SEL) correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine	140 mbar
Seuil des dégâts légers sur les structures	Seuil des effets irréversibles (SEI) correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine	50 mbar
Seuil des destructions significatives de vitres	Seuil des effets correspondant à la zone des effets indirects par bris de vitre sur l’homme	20 mbar

Tableau 9 : Seuils d’effets de surpression

6.1.2. Effets toxiques - ammoniac

Pour les effets toxiques, les conséquences d’un accident sont évaluées en termes de toxicité aiguë sur les populations exposées au passage d’un nuage de gaz toxique.

Les valeurs de référence retenues pour les installations classées sont présentées dans le tableau suivant.

Seuils de toxicité aiguë pour l’homme par inhalation			
Exposition de 1 à 60 minutes	Types d’effets constatés	Concentration d’exposition	Référence
	Effets Létaux Significatifs	SELS (CL 5 %)	Seuils de toxicité aiguë Emissions accidentelles de substances chimiques dangereuses dans l’atmosphère. Ministère de l’Ecologie et du Développement Durable. Institut National de l’Environnement Industriel et des Risques.
	Premiers Effets Létaux	SPEL (CL 1 %)	
	Effets Irréversibles	SEI	
	Effets Réversibles	SER	

Tableau 10 : Valeurs de référence relatives aux seuils de toxicité aiguë

Ces valeurs sont toujours associées à des durées d’exposition. L’arrêté du 29/09/05 relatif à l’évaluation et à la prise en compte de la probabilité d’occurrence, de la cinétique, de l’intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation, fixe les durées d’exposition à prendre en compte, à savoir entre 1 et 60 minutes.

Ces valeurs, définies par le Ministère de l’Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (MEDDTL), existent pour un certain nombre de substances.

Dans le cadre des durées d’expositions différentes de celles données dans la littérature (ou pour tenir compte de la variation de la concentration pendant la durée de l’exposition), il est utilisé une équation qui permet d’évaluer la dose intégrée conduisant aux mêmes effets (effets létaux significatifs, premiers effets létaux ou effets irréversibles).

Cette équation (loi de Haber) est du type $Dose = C^n \times t$ où :

- C = concentration inhalée ou d’exposition (mg/m^3 ou ppm),
- t = temps d’exposition (min),
- n = constante de Haber, spécifique à chaque produit.

Le tableau ci-dessous, issue de la fiche INERIS– DRC-08-94398-11812A, détaille les seuils toxiques pour l’ammoniac :

Concentration (ppm)	Temps (minutes)					
	1	3	10	20	30	60
Seuil des effets létaux significatifs (SELS)	28 033	Non déterminé	8 833	6 267	5 133	3 633
Seuil des premiers effets létaux (SEL)	25 300	14 700	8 200	5 833	4 767	3 400
Seuil des effets irréversibles (SEI)	1 500	1 000	866	612	500	354

Tableau 11 : Seuils de toxicité aiguë de l’ammoniac (fiche toxicologique INERIS)

Les seuils pour une exposition de 99 s ont été évalués par extrapolation des valeurs associées à des durées d’exposition de 1 min et de 60 min (loi de Haber). Ainsi, les seuils ajustés à 99 s sont les suivants :

NH ₃ (99 s)	Concentration en ppm	Valeur du n de Haber
SEI	1 257	2,836
SEL (SPEL)	19 793	2,040
SELS	21 834	2,004

Tableau 12 : Seuils des effets toxiques – Ammoniac – 99 s

6.1.3. Effets toxiques – dioxyde de carbone

Les valeurs de référence pour les effets liés à l’inhalation de CO₂ ont été fixées par l’AFGC (circulaire n°2007.161 du 13/12/2007), en concordance avec la note ministérielle BRTICP/2007-430/CE du 16 Novembre 2007 (non publiée) relative à la concentration à prendre en compte pour l’O₂, le CO₂, le N₂ et les gaz inertes, comme l’indique le tableau suivant :

Type de zone	Effets létaux significatifs (SELS)	Premiers effets létaux (SEL)	Effets irréversibles (SEI)
Teneur en CO ₂	20 %	10 %	5 %
Concentration en ppm	200 000 ppm	100 000 ppm	50 000 ppm

Tableau 13 : Valeurs de référence pour le dioxyde de carbone

6.2. Méthodes et outils de modélisation

6.2.1. Incendie de solide (PhD1)

Le logiciel FLUMilog (version 5.4.0.5.) développé par l'INERIS est destiné principalement aux entrepôts de combustibles solides.

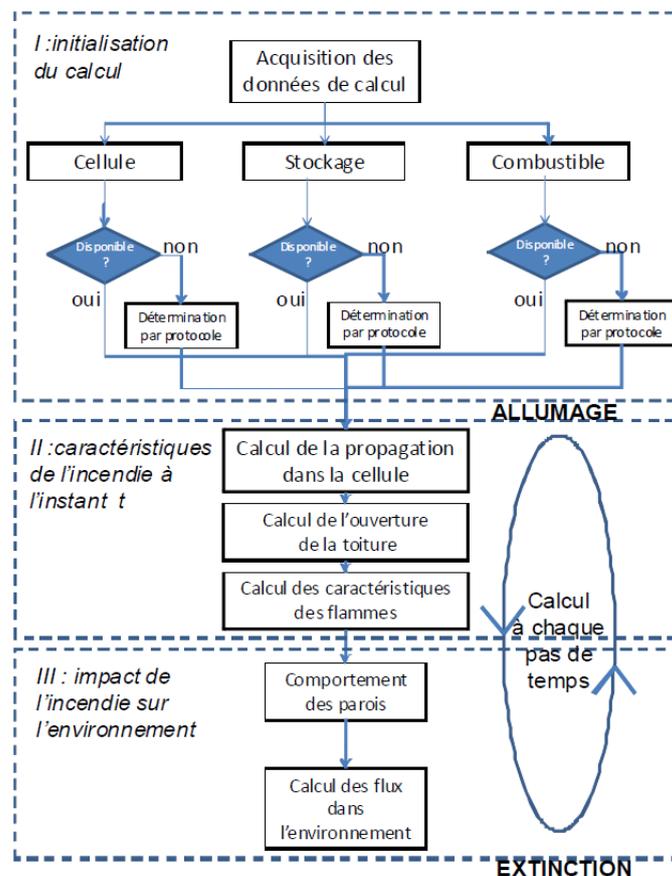
La méthode développée permet de modéliser l'évolution de l'incendie depuis l'inflammation jusqu'à son extinction par épuisement du combustible (prise en compte de l'évolution temporelle de l'incendie).

Elle prend en compte le rôle joué par la structure et les parois tout au long de l'incendie :

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

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

Les différentes étapes de la méthode sont présentées sur le logigramme ci-après :



Cependant le logiciel FLUMilog possède des limites impactant le choix des hypothèses de modélisation :

- Nature des stockages :
 - FLUMilog référence seulement 11 produits combustibles (bois, caoutchouc, carton, coton, palette bois polyéthylène, pneu, polystyrène, polyuréthane, PVC et synthétique) et 4 produits incombustibles (acier, aluminium, verre et eau).
→ éventail de produits limité.
 - FLUMilog nécessite également de caractériser une palette moyenne par cellule.
→ l'utilisation de palettes de composition différente dans une même cellule n'est pas possible.

- Dimension des bâtiments :
 - Seulement deux cellules adjacentes au maximum peuvent être définies pour étudier la propagation de l'incendie à celles-ci.
 - La prise en compte d'un décroché d'angle est possible dans la mesure où celui-ci représente moins de 1/3 de la longueur des façades concernées.

- Mode de stockage :
 - FLUMilog permet de considérer soit un stockage en masse, soit un stockage en racks (un stockage mixte n'est pas possible).
 - Pour un stockage en racks, le nombre de racks simples est limité à 2 et ces racks sont placés aux extrémités du stockage. Les autres racks considérés doivent être des racks doubles.
 - FLUMilog ne permet de modéliser au maximum que 3 zones différentes et uniquement à l'intérieur d'un bâtiment (pas de multi stockage à l'air libre possible).

6.2.2. Modélisation des explosions de poussières (PhD2)

Les calculs des explosions de poussières sont basés sur le « Guide de l'état de l'art sur les silos et les installations de stockage de céréales, de grains, de produits alimentaires ou de tout autre produit organique dégageant des poussières inflammables » de 2008.

La méthodologie présentée ci-après permet :

- de déterminer la surface d'événement nécessaire et/ou la pression résiduelle d'explosion dans l'enceinte ;
- les effets de surpression liés à l'explosion de poussières.

➤ Evaluation de la pression résiduelle d'explosion :

Les nouveaux silos mis en place sur le site disposent d'un événement en toiture suffisamment dimensionnés pour que, en cas d'explosion de poussières dans le silo, l'intégrité des parois soit maintenue.

➤ Evaluation des effets de surpression :

Les effets de surpression sont ensuite évalués par la méthode proposée dans le Guide de l'état de l'art sur les silos. L'équation de Brode simplifiée est utilisée pour déterminer l'énergie disponible d'explosion et la méthode Multi-Energie est utilisée pour évaluer l'atténuation des effets de surpression (indice de sévérité = 10).

S'agissant du choix de l'indice, bien qu'il puisse être majorant, seul l'indice 10 semble adapté puisqu'on a affaire à un phénomène d'éclatement et de propagation d'onde de choc.

Cette démarche a l'avantage de ne pas se baser sur les propriétés intrinsèques du produit (réactivité, concentration explosive, etc.) mais de définir l'énergie "disponible" par rapport aux spécificités du contenant, plus faciles à déterminer et donc plus fiables.

$$E = \Delta P_{EXP} \times V \times 3$$

- **E [J]** : énergie d'explosion
- **$\Delta P_{EXP} = P_{EX} - P_A$ [Pa]**
- **V [m³]** : volume de l'enceinte considérée

Détermination du différentiel de pression ΔP_{EXP}	<ul style="list-style-type: none"> • Si le volume est correctement éventé et découplé : $\Delta P_{EXP} = P_{RED MAX}$ (pression d'explosion réduite), • Si le volume est correctement découplé et non éventé : $\Delta P_{EXP} = \text{Min} (2 \times P_{\text{rupture de l'enceinte}} ; P_{RED MAX})$
Détermination du différentiel de pression ΔP_{EXP}	<p><u>Dans le cas d'une explosion secondaire</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Si le volume est non correctement découplé et éventé : $\Delta P_{EXP} = 5 \text{ bars}$ (retour d'expérience)

Nous sommes dans le cas d'un silo découplé et éventé.

La détermination des distances des effets de surpression s'effectue ensuite en appliquant la méthode multi-énergie indice 10.

Elle permet d'obtenir les distances atteintes par les surpressions d'une onde de choc résultant d'un éclatement, en fonction de l'énergie d'explosion définie ci-avant.

6.2.3. Modélisation des feux de nappe (PhD3)

L'évaluation des effets des incendies de liquides inflammables est réalisée à partir de la feuille de calcul proposée par le Groupe de Travail Dépôt de Liquides Inflammables (GTDLI) et mise en forme par l'INERIS. Le modèle GTDLI utilisé dans cette feuille de calcul (version 01 de Mai 2006) est présenté dans le document de septembre 2006 relatif à la modélisation des effets thermiques dus à un feu de nappe d'hydrocarbures liquides ou d'éthanol.

Les principales hypothèses sont détaillées ci-dessous.

Données météo :

- Humidité relative de l'air : 70 %
- Température 15° C
- Vitesse de vent : 5 m/s
- Masse volumique de l'air : 1,161 kg/m³

Données Produits :

De manière conservatrice, les distances d'effets pour des incendies d'hydrocarbures sont calculées en considérant un débit de combustion de 55 g/m².s.

Pour des incendies d'alcools, il est considéré un débit de combustion de 25 g/m².s

Diamètre équivalent :

Pour un feu de nappe circulaire :

- Deq = Diamètre de la nappe en feu

Pour un feu de forme rectangulaire :

- Deq = 4 S / P si la Longueur < 2,5 x largeur
- Deq = largeur si la Longueur > 2,5 x largeur

Pour un feu de nappe de forme quelconque :

- Deq = 4 S / P

avec :

S et P correspondant respectivement à la surface brute (surface avec réservoirs) et au périmètre de la cuvette en feu,

Longueur et largeur correspondant respectivement à la Longueur et largeur de la surface en feu

Hauteur de flamme :

Formule de Thomas avec un vent de 5 m/s : $L = 19,18 \times m^{0,74} Deq^{0,735}$

avec m = 0,055 kg/m².s (valeur retenue pour les hydrocarbures liquides)

avec m = 0,025 kg/m².s (valeur retenue pour les alcools)

Angle d'inclinaison de la flamme :

Corrélation de Welker and Sliepceвич :
$$\frac{\tan \xi}{\cos \xi} = 3,3 \times (Fr)^{0,8} \times (Re)^{0,07} \times \left(\frac{\rho_v}{\rho_{air}} \right)^{-0,6}$$

avec :

Re : Nombre de Reynolds
$$Re = \frac{Deq \times u_w \times \rho_{air}}{\mu_{air}}$$

Fr: Nombre de Froude
$$Fr = \frac{u_w^2}{Deq \times g}$$

ρ_v : Masse spécifique du produit en phase vapeur, à sa température d'ébullition

ρ_{air} : Masse volumique de l'air : 1,161 kg/m³

μ_{air} : viscosité dynamique de l'air ambiant (1.9 x 10⁻⁵ (kg.m⁻¹.s⁻¹))

Pouvoir émissif :

Corrélation de Mudan et Croce retenue car la surface en feu est le paramètre impactant la détermination de Φ_0 .

- Dans le cas des hydrocarbures : $\Phi_0 = 20000 + 120\,000 e^{-0,12Deq}$
- Dans le cas des alcools : $\Phi_0 = 31000 + 37\,500 e^{-0,15Deq}$

Facteur de vue :

Le GTDLI retient de déterminer le facteur de vue à partir des corrélations des facteurs de vue plan ou cylindrique, en tenant compte de l'influence du vent.

Les experts et la profession s'accordent sur une valeur de vent de 5 m/s.

Le type de facteur de vue (plan ou cylindrique) sera choisi en fonction de la géométrie de la nappe en feu :

- feu de cuvette circulaire : facteur de vue cylindrique (corrélations de Mudan),
- feu de cuvette non circulaire : facteur de vue plan (outil développé par l'INERIS).

La surface de la cuvette est brute (on ne retire pas la surface des réservoirs).

Cas particulier des formes rectangulaires :

- $Deq = 4 S / P$ si la Longueur < 2,5 x largeur ;
- $Deq =$ largeur si la Longueur > 2,5 x largeur

Avec Longueur / largeur correspondant respectivement à la Longueur / largeur de la surface en feu.

Coefficient d'atténuation atmosphérique, transmissivité atmosphérique :

Le coefficient d'atténuation atmosphérique est calculé selon la corrélation de Bagster avec :

- TVAP (H₂O) = 1665 Pa
- HR : taux d'humidité de 70 %,
- Température de 15°C.

Corrélation de Bagster :
$$\Gamma(r) = 2,02 \times (HR \times TVAP(H_2O) \times r)^{-0,09}$$

6.2.4. Modélisation de dispersion atmosphérique de produit (PhD5, PhD6, PhD7)

Les calculs du terme source (débit d’émission) et la dispersion atmosphérique des rejets de polluants toxiques ou inflammables peuvent être effectués à partir du logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tools), de DNV Technica (version 8.4).

PHAST permet d’évaluer les conséquences d’un incident potentiel, depuis le rejet initial jusqu’à la dispersion en champ lointain (et même la propagation et de l’évaporation d’une nappe de produit épandu). Il permet de déterminer les conséquences sur l’homme des effets toxiques, de suppression ou thermiques.

PHAST permet de modéliser notamment :

- les rejets de composants purs ou de mélanges depuis des canalisations longues et courtes,
- des ruptures d’équipements, de soupapes de sécurité,
- les retombées de la partie liquide,
- la propagation et la vaporisation de nappe,
- les doses d’exposition par inhalation de composés toxiques,
- les effets thermiques et de surpression d’incendie et d’explosion.

PHAST utilise une méthode de dispersion gaz lourd et gaussienne. Le modèle prend en compte tous les aspects importants influençant le transport / diffusion des polluants, à savoir :

- les particularités de la topographie du site, par l’intermédiaire d’un paramètre de rugosité (fixé à une hauteur d’obstacle de 1 m pour un environnement industriel et/ou urbain/semi-urbain),
- des conditions météorologiques spécifiques,
- la nature des traceurs chimiques traditionnels qui pour la plupart existent en base de données permettant de constituer des mélanges de produits toxiques.

Les conditions météorologiques retenues seront celles définies dans la fiche n°2 (sur la dispersion toxique) de la partie 1 de 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.

Elles sont présentées dans le tableau ci-après.

Stabilité atmosphérique	Instable <-----> Stable									
	A	B	C	D	E	F				
Vitesse du vent (m/s)	3	3	5	5	10	5	10	3	3	
T° ambiante (°C)	20	20	20	20	20	20	20	20	15	
T° du sol (°C)	20	20	20	20	20	20	20	20	15	
Humidité relative (%)	70	70	70	70	70	70	70	70	70	
Rayonnement solaire (kW/m ²)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	

Tableau 14 : Conditions météorologiques retenues pour la modélisation

Pour les rejets verticaux et/ou en hauteur toutes les conditions météorologiques sont étudiées.
Pour les rejets horizontaux près du sol, seules les conditions 3F et 5D sont retenues (en gras ci-dessus).

6.2.4.1. PhD5 : Fuite lors d'un dépotage de CO₂

Ce scénario correspond à la dispersion de dioxyde de carbone consécutive à la rupture de la canalisation (choc) ou à l'arrachement du flexible à la fin du remplissage en aval de la pompe de la citerne, lors d'une opération de remplissage.

Le rejet est constitué d'une part de la contribution côté citerne routière de CO₂ et d'autre part de la contribution côté réservoir de CO₂.

Le liquide contenu dans la citerne routière et le liquide contenu dans le réservoir sont rejetés à l'atmosphère par la canalisation à un débit qui est la somme :

- d'un débit côté citerne défini par la pompe de la citerne (le cas majorant étant retenu),
- d'un débit côté réservoir défini par la pression de saturation dans le réservoir, la pression hydrostatique, le diamètre de la brèche et la longueur de la canalisation avant la brèche.

Le liquide passe rapidement à pression atmosphérique et s'évapore massivement, formant un mélange avec l'air par formation de gouttelettes et potentiellement par évaporation d'une nappe de liquide épandu au sol. Ce nuage est très froid et lourd, il refroidit l'environnement et a tendance à s'écraser au sol.

6.2.4.2. PhD6 : Perte de confinement d'un réservoir de CO₂

Le scénario modélisé est la dispersion de dioxyde de carbone consécutive à la rupture du réservoir de CO₂ consécutif à une montée en pression dans le réservoir (dilatation thermique du produit en excès), ou un choc mécanique sur le réservoir, ou une perte de vide dans la double enveloppe.

Le liquide contenu dans le réservoir est rejeté à l'atmosphère par une brèche sous pression. Il passe rapidement à pression atmosphérique et s'évapore massivement, formant un mélange avec l'air par formation de gouttelettes et potentiellement par évaporation d'une nappe de liquide épandu au sol. Ce nuage est très froid et lourd, il refroidit l'environnement et a tendance à s'écraser au sol. De plus, la chute de pression survenant lors de la perte de confinement du CO₂ et sa mise en contact avec l'atmosphère ambiante s'accompagne d'un refroidissement rapide provoquant la solidification d'une partie du liquide sous forme de neige carbonique. Le modèle de dispersion utilisé tient compte de la compétition entre ces 2 phénomènes, limitant la quantité de gaz CO₂ dispersée dans l'atmosphère.

6.2.4.3. PhD7 : Rupture conduite de soutirage d'un réservoir de CO₂

Le scénario modélisé est la dispersion de dioxyde de carbone consécutive à la rupture de la canalisation de soutirage du réservoir de CO₂ en amont et en aval des pompes de conditionnement vers évaporateur (le cas majorant étant retenu), lors d'une opération de transfert, causée par un choc ou l'arrachement du flexible.

Le liquide contenu dans le réservoir est rejeté à l'atmosphère par la canalisation à un débit défini par la pression de saturation dans le réservoir, la pression hydrostatique, le diamètre de la brèche et la longueur de la canalisation avant la brèche. Il passe rapidement à pression atmosphérique et s'évapore massivement, formant un mélange avec l'air par formation de gouttelettes et potentiellement par évaporation d'une nappe de liquide épandu au sol. Ce nuage est très froid et lourd, il refroidit l'environnement et a tendance à s'écraser au sol.

6.2.5. Modélisation des BLEVE (PhD8, PhD10)

Note : Compte tenu de l'absence de modèle fiable permettant de déterminer les distances d'effets des BLEVE ne pouvant conduire qu'à des effets de surpression (substances non-inflammable) et compte tenu également des recommandations de l'INERIS pour ce cas particulier, les phénomènes de BLEVE ont été modélisés comme des éclatements pneumatiques.

Ces phénomènes d'éclatements pneumatiques génèrent des surpressions estimées aussi importantes dans l'environnement que l'évaporation instantanée du liquide surchauffé ainsi que des effets d'émissions de projectiles métalliques issus du réservoir et de perlite.

Les distances d'effet de ces scénarios ont été calculées dans l'hypothèse la plus pessimiste, à savoir la présence dans les réservoirs d'un volume de gaz maximal, ce qui correspond à la situation où tout le liquide s'est évaporé avant l'atteinte de la pression de rupture.

La méthodologie de modélisation des éclatements pneumatiques est basée sur la méthode de l'équivalent TNT.

La méthode de l'équivalent TNT repose sur l'hypothèse selon laquelle il doit être possible de reproduire le champ de surpression qui est engendré par une explosion donnée en faisant exploser du TNT.

Ainsi l'équivalent TNT d'un mélange gazeux inflammable correspond à la masse de TNT qui engendrerait le même champ de surpressions que celui engendré par l'explosion d'un kg du mélange considéré. Cet équivalent TNT, noté par la suite MTNT, est calculé au moyen de la relation ci-après :

$$M_{TNT} = \frac{E_{\text{explosion}}}{E_{TNT}}$$

Avec

$E_{\text{Explosion}}$ représente l'énergie libérée par l'explosion,

E_{TNT} l'énergie libérée par l'explosion d'un kg de TNT soit environ 4690 kJ

Le calcul des effets de surpression aérienne consiste donc à évaluer, dans une première étape, l'énergie libérée par l'explosion du bâtiment $E_{\text{Explosion}}$. L'énergie de l'explosion est appréciée à partir de la relation de Brode :

$$E_{\text{explosion}} = a \times \frac{(P_{rup} - P_0) \cdot V}{\gamma - 1}$$

Avec

$E_{\text{Explosion}}$: énergie libérée par l'explosion (J)

P_{rup} : la pression de rupture de la capacité (Pa)

P_0 : la pression atmosphérique (Pa)

V : le volume du local (rempli de gaz) (m^3)

γ : le rapport des chaleurs spécifiques, pris égal à 1,289 pour le dioxyde de carbone et à 1,28 pour la vapeur

a : rendement de l'explosion (40 %, ce qui correspond à une rupture ductile de l'enceinte. Cette dernière absorbe une partie de l'énergie pour se rompre et se déformer – source IT89)

Les pressions à retenir lors de la rupture de l’équipement sont données ci-dessous :

Type de capacité	Origine de l’éclatement	Type de rupture	ΔP Pression de rupture	Source	
Capacité sous pression	Sur-remplissage et augmentation de pression	/	P rupture statique	Ω15 INERIS 2013	
		Défaillance de la soupape de sécurité	2,5 x P calcul	Yellow Book	
	Surchauffe et augmentation de pression	Défaillance de la soupape de sécurité	2,5 x P calcul	Yellow Book	
		/	< P rupture à température ambiante	Ω15 INERIS 2013	
	Capacité prise dans un feu et augmentation de pression	Système avec soupape	1,21 x pression de tarage des soupapes	Yellow Book (7.29)	
			1,1 x pression de tarage des soupapes	Guide Bleu UFIP (juil.02, p385)	
	Réacteur	Explosion interne de la phase gazeuse	/	2 x P rupture statique	Ω15 INERIS 2013
			Mélange gazeux proche des limites d’explosivité	3 à 4 x P service	Yellow Book
			Mélange gazeux à la stœchiométrie	8 x P service	Yellow Book
	Capacité atmosphérique	Emballement de la réaction	/	6,5 x P service	Guide Bleu UFIP (juil.02, p385)
			/	7,5 x P service	Guide Bleu UFIP (juil.02, p385)
			Système avec soupape	2,5 x P design	Yellow Book (7.29)
		Corrosion, érosion, fatigue de l’équipement	/	P rupture statique	Ω15 INERIS 2013
			/	P stockage ou P service	Yellow Book (7.29)
	Impact de projectile	/	P service relative	Guide Bleu UFIP (juil.02, p385)	
			P service relative	Ω15 INERIS 2013	

Dans notre cas, la pression de rupture sera prise égale à 2,5 fois la pression de conception du réservoir (défaillance de la soupape de sécurité).

Dès lors que la masse équivalente de TNT est calculée, elle va servir à déterminer les distances d’effets-conséquences de l’explosion qui peuvent s’écrire :

$$R = \lambda \cdot M_{TNT}^{1/3}$$

Avec :

R représente le rayon du cercle des dommages correspondant à une surpression donnée.

λ est un coefficient adimensionnel obtenu à partir de l’abaque relatif à l’explosion d’une charge de TNT, abaque présenté dans l’ouvrage américain UFC-3-340-02, « Structures to resist the effects of accidental explosions ». Des valeurs singulières sont exposées dans le rapport du GT DLI « modélisation des effets de surpressions dus à une explosion de bac atmosphérique ».

- dangers très graves S.E.L.S. (200 mbar) : λ = 8
- dangers graves S.E.L. (140 mbar) : λ = 10
- dangers significatifs S.E.I. (50 mbar) : λ = 25

Notons qu’en l’état actuel des connaissances, il n’existe aucun modèle adapté à la modélisation des projections engendrées par un BLEVE.

6.2.6. Modélisations des explosions confinées

Evaluation des effets de surpression liés à une explosion de gaz dans un local : Multi-Energie

La méthode multi-énergie développée par TNO (chapitre 5.5 du Yellow Book de 1997) est utilisée pour déterminer les effets de surpression en cas d'explosion d'un nuage de gaz à l'air libre (UVCE) ou en milieu confiné et encombré (VCE), sauf dans le cas des enceintes fermées résistantes à la pression (explosion de réacteur, capacité prise dans un feu, ...).

Dans notre cas, la salle des machines n'est pas une enceinte résistante à de forte pression. D'où le choix d'utiliser la méthode multi-énergie.

➤ Choix de l'indice Multi Energie

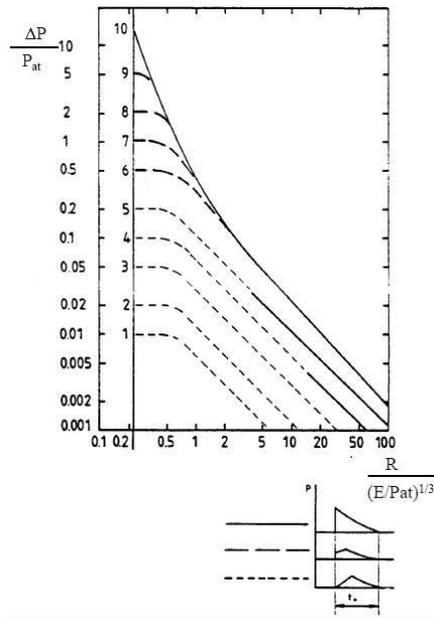
Une explosion de gaz n'est susceptible d'engendrer de fortes surpressions que si les flammes atteignent une vitesse de propagation importante (plusieurs dizaines de m/s), ou si les gaz sont confinés par des parois solides.

Or, une flamme se propageant dans un mélange gazeux réactif accélère si le volume occupé par les gaz est caractérisé par la présence répétée d'obstacles et d'espaces partiellement confinés. Sans présence d'obstacles et d'espaces confinés, l'inflammation accidentelle des mélanges gazeux conduit généralement à des surpressions de faibles amplitudes (quelques centaines de Pa ou mbar).

Ainsi, la méthode Multi-Energie considère de nombreux paramètres qui ont une influence sur la vitesse de propagation des flammes, parmi lesquels peuvent être cités la densité d'obstacles, le degré de confinement, la forme et les dimensions du nuage inflammable, la réactivité du combustible, l'énergie et la position de la source d'inflammation, et la turbulence du mélange réactif avant allumage.

Pour l'application de cette méthode, la « violence » de l'explosion peut ensuite être caractérisée par un indice compris entre 1 et 10. L'indice 10 correspond à une détonation, les indices intermédiaires correspondant à des déflagrations à vitesses de flammes d'autant plus rapides que l'indice est élevé.

Les niveaux maximaux et les courbes d'atténuation de la surpression en fonction de la distance sont donnés, pour chaque indice, sur l'abaque ci-dessous :



Pour estimer l’indice de sévérité d’une explosion, TNO propose le tableau suivant (selon Kinsella - 1993).

Energie d’inflammation		Degré d’encombrement			Degré de confinement		Classe de sévérité
Faible	Forte	Fort	Faible	Inexistant	Oui	Non	
	X	X			X		7-10
	X	X				X	7-10
X		X			X		5-7
	X		X		X		5-7
	X		X			X	4-6
	X			X	X		4-6
X		X				X	4-5
	X			X		X	4-5
X			X		X		3-5
X			X			X	2-3
X				X	X		1-2
X				X		X	1

Inflammation :

- Forte : La source d’inflammation est une explosion confinée. L’inflammation du nuage de gaz intervient dans un bâtiment.
- Faible : La source d’inflammation est une étincelle, flamme, point chaud.

Encombrement :

- Fort : volume d’obstacles présents dans le nuage de gaz, volume occupé par les obstacles > 30% du volume total et moins de 3 m d’espacement entre les obstacles
- Faible : Volume d’obstacles < 30% du volume total du nuage de gaz et/ou espacement entre obstacles > 3m
- Inexistant : Pas d’obstacles dans nuage de gaz

Confinement :

- *Oui : Le nuage de gaz est bloqué/confiné sur deux ou trois cotés*
- *Non : Le nuage de gaz n'est pas bloqué hormis par le sol.*

Dans notre cas, le volume des équipements est d'environ de 30% du volume du local, le local est relativement confiné, et nous considérons de façon majorante une énergie d'inflammation haute. On obtient une classe de sévérité allant de 5 à 7.

Du fait de la structure béton (structure solide) et du degré d'encombrement important on prendra l'indice de sévérité d'explosion 7.

De plus, l'indice Multi Energie est choisi en fonction de la tenue de l'enceinte. Pour chaque indice Multi énergie une surpression maximale est définie. Cette surpression maximale (qui est de 1 000 mbar pour un indice 7) doit être en cohérence avec la pression de résistance de l'enceinte (voir ci-dessous).

Une surpression maximale trop faible vis-à-vis de la pression rupture de l'enceinte n'engendrera aucun effet à l'extérieur (surpression contenue dans le bâtiment).

La surpression maximale sera aussi limitée à cause de la pression rupture de l'enceinte. Après la perte d'intégrité de l'enceinte, le nuage de gaz se retrouve dans une situation non confinée, limitant ainsi la surpression maximale.

➤ **Effet de surpression**

L'énergie d'explosion peut être calculé à de la relation de Brode :

$$E_{explosion} = \frac{(P_{rup} - P_0) \cdot V}{\gamma - 1}$$

Avec

$E_{Explosion}$: énergie libérée par l'explosion (J)

P_{rup} : la pression de rupture (Pa)

P_0 : la pression atmosphérique (Pa)

V : le volume du local (rempli de gaz) (m³)

γ : le rapport des chaleurs spécifiques (sans unité)

La pression de rupture de l'enceinte pourra être désignée sur la base de l'exploitation de la bibliographie scientifique consacrée (« Yellow Book », le « Guide de l'art des silos », INERIS, ...) qui renseigne quant aux pressions d'explosion à considérer.

Dans notre cas, nous retenons une pression de rupture de la salle des machines de 200 mbar¹⁰ (cela correspond à la destruction de murs en parpaing et béton).

La pression de rupture prise dans le calcul de l'énergie de Brode est 2 fois celle de la pression de rupture de l'équipement, soit 400 mbar.

¹⁰ Guide INERIS-DRA-2007-N° 46055/77288 (La résistance des structures aux actions accidentelles)

6.3. Résultats des modélisations

Le tableau ci-après présente la synthèse des distances d’effets obtenues et les principaux calculs intermédiaires. Les distances sont données à partir de la zone en feu, du centre de l’explosion ou de la source de rejet. Les graphiques PHAST des dispersions toxiques et FLUMillog sont présentés après ce tableau.

Phénomènes dangereux (PhD)		Distances d’effets				Principales hypothèses / Résultats intermédiaires
N°	Intitulé	SELS	SEL	SEI	Bris de vitres	
PhD1	Incendie du stockage du hall logistique	Non atteint ¹¹	L : 6 m l : 4 m	L : 10 m l : 8 m	/	Bâtiment métallique : l=29 m / L=50 m / H=8 m. Parois : Deux parois ouvertes et deux parois métallique R15 simple peau avec poteaux acier Toiture : métallique Ouverture : Deux parois + deux portes sur façade sud (4 m x 4 m) Stockage en masse : 42 m x 20 m sur 3 m de hauteur soit 2 520 m ³ Palette type 2662 retenu (cas plastique majorant) Durée de l’incendie : 91 min
PhD2	Explosion de poussière dans un silo de stockage de céréales	4 m	6 m	12 m	24 m	Volume silo = 44 m ³ (2,9 x 4,6 x 3,3 m de hauteur - cas majorant) Silo en bardage métallique / P rupture = 100 mbars Silo correctement éventé → Intégrité des parois P retenue = Pression résiduelle d’explosion < 100 mbars P retenue = 100 mbars (cas majorant) Energie d’explosion : 1,32 MJ Distance rabattue au sol (cas majorant)
PhD3	Incendie au niveau du poste de dépotage GNR/JET	Au niveau du sol	L : 15 m l : 15 m	L : 20 m l : 15 m	L : 20 m l : 20 m	/
		Au niveau de la falaise (+ 26 m)	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint

¹¹ Des effets SELS sont observés au niveau des portes de la façade sud. Ces effets sont limités à 1 ou 2 m.

Phénomènes dangereux (PhD)		Distances d'effets				Principales hypothèses / Résultats intermédiaires
N°	Intitulé	SELS	SEL	SEI	Bris de vitres	
PhD4a	Rupture accidentelle sur le circuit BP en sortie du séparateur liquide dans la salle des machines	Phase 1 : 36 m (3F) 42 m (5D) Phase 2 : 44 m (3F) 10 m (5D)	Phase 1 : 37 m (3F) 45 m (5D) Phase 2 : 49 m (3F) 11 m (5D)	Phase 1 : 400 m (3F) 234 m (5D) Phase 2 : 306 m (3F) 79 m (5D)	/	<p>La rupture franche de la ligne BP (-6,7°C ; 2,3 bars) en sortie du séparateur BP (DN80) dans la salle des machines aboutirait à un rejet liquide de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Débit : 14,1 kg/s - Fraction liquide : 0,649 <p>Inventaire ammoniac : 1,4 t (inventaire complet) / Note : 1,347 t en réalité (majorant) Durée de la fuite : 99 s</p> <p>Le rejet se produit dans la salle des machines dont le volume est de l'ordre de 529 m³ (surface : 90,8 m² m et hauteur : 5,8 m) L'ammoniac est extrait du local par une ventilation forcée de 7 568 m³/h, et rejeté à 8 m de hauteur par une cheminée de DN550. Si la ventilation forcée ne fonctionne pas, l'ammoniac est extrait par la ventilation passive du local a un taux de 3,9 volume/h¹²</p> <p>Cependant, dans les deux cas, la quantité d'ammoniac et le débit de fuite est tel que la salle des machines et sa ventilation (passive ou forcée) ne peuvent pas accueillir autant de gaz simultanément. La salle des machines va monter en pression et l'ammoniac va fuir par les portes et autres ouvertures.</p> <p>Ainsi, la fuite d'ammoniac se décompose en 2 phase :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rejet diphasique à 14,1 kg/s avec une fraction liquide de 0,649 (soit 4,95 kg/s de gaz) + évaporation de la nappe formée pendant 99 s - Évaporation de la nappe formée pendant 1 h (cas limite majorant) <p>Ces 2 phases sont considérées à l'air libre car l'intégrité de la salle des machines n'est plus assurée.</p> <p>Le débit d'évaporation de la nappe de 90,8 m² à l'air libre est de : 0,3175 kg/s (5D) / 0,261 kg/s (3/F)</p> <p>Le rejet de la phase 1 se fait horizontalement à 1 m de hauteur à l'air libre à 115 m/s Le rejet de la phase 2 se fait à la vertical à 0,1 m de hauteur à l'air libre (sans vitesse – Pool source)</p> <p>Pour la phase 1, la durée d'exposition est de 99 s (voir seuil au paragraphe 6.1.2). Pour la phase 2, la durée d'exposition retenu est de 1 h (voir seuil au paragraphe 6.1.2).</p>

¹² Ouverture de grille de 2,3 m² avec une section libre de 1,15 m² avec pour hypothèse une vitesse d'air de 0,5 m/s dans le passage des grilles, soit un débit de 0,58 m³/s.

Phénomènes dangereux (PhD)		Distances d'effets				Principales hypothèses / Résultats intermédiaires
N°	Intitulé	SELS	SEL	SEI	Bris de vitres	
PhD4b	Rupture accidentelle sur circuit HP en sortie d'un condenseur en toiture	<p>Phase 1 : 29 m (3F) 25 m (5D)</p> <p>Phase 2 : 44 m (3F) 10 m (5D)</p>	<p>Phase 1 : 31 m (3F) 28 m (5D)</p> <p>Phase 2 : 49 m (3F) 11 m (5D)</p>	<p>Phase 1 : 205 m (3F) 172 m (5D)</p> <p>Phase 2 : 306 m (3F) 79 m (5D)</p>	/	<p>La rupture franche de la ligne HP (33,6°C, 11,9 bars) en sortie d'un condenseur (DN50) aboutirait à un rejet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Débit : 14,7 kg/s - Fraction liquide : 0,794 <p>Inventaire ammoniac : 510 kg (selon étude du fournisseur Johnson Control) Durée de la fuite : 35 s</p> <p>Les tuyauteries en toiture sont capotées. Le rejet est donc dirigé vers la salle des machines (voir caractéristiques dans le PhD4a). Comme pour le PhD4a, la salle des machines ne pourra pas accueillir une telle quantité de gaz. Celui-ci va donc fuir par les portes et autres ouvertures.</p> <p>Ainsi, la fuite d'ammoniac se décompose en 2 phase :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rejet diphasique à 14,7 kg/s avec une fraction liquide de 0,794 (soit 3,02 kg/s de gaz) + évaporation de la nappe formée pendant 35 s - Evaporation de la nappe formée pendant 1 h (cas limite majorant) <p>Ces 2 phases sont considérées à l'air libre car l'intégrité de la salle des machines n'est plus assurée.</p> <p>Le débit d'évaporation de la nappe de 90,8 m² à l'air libre est de : 0,3175 kg/s (5D) / 0,261 kg/s (3/F)</p> <p>Le rejet de la phase 1 se fait horizontalement à 1 m de hauteur à l'air libre à 287 m/s Le rejet de la phase 2 se fait à la vertical à 0,1 m de hauteur à l'air libre (sans vitesse – Pool source)</p> <p>Pour la phase 1, la durée d'exposition est de 35 s (seuil toxique pris égale à 1 min - majorant). Pour la phase 2, la durée d'exposition retenu est de 1 h (voir seuil au paragraphe 6.1.2).</p>

Phénomènes dangereux (PhD)		Distances d'effets				Principales hypothèses / Résultats intermédiaires
N°	Intitulé	SELS	SEL	SEI	Bris de vitres	
PhD5	Fuite lors d'un dépotage de CO ₂	14 m (3F) 13 m (5D)	27 m (3F) 26 m (5D)	68 m (3F) 60 m (5D)	/	<p><u>Hypothèses :</u></p> <p>Diamètre rupture : 50 mm (correspond au diamètre de conduite) Pression : 22 bars dans la citerne et 22 bars dans le réservoir Température : -15 °C dans la citerne (à l'équilibre) et -15 °C dans le réservoir (à l'équilibre) Hauteur de liquide : 5 m dans le réservoir Inventaire : 40 200 L (20 000 L depuis la citerne et 20 200 L depuis le réservoir) Hauteur de la conduite par rapport au sol : 1 m Durée de fuite : jusqu'à la vidange totale Pompes concernées : pompe d'alimentation du réservoir d'un débit de 400 L/min (débit majorant retenu dans une approche majorante) Absence de dispositif de rétention</p> <p><u>Résultats de la modélisation :</u></p> <p>Le rejet s'effectue en 2 temps : - Le débit est dans un premier temps généré par la citerne (35,6 kg/s, débit supérieur à celui de la pompe ; cas majorant) et le réservoir (42,8 kg/s) : 78,4 kg/s pendant 475 s, - Après ces 475 s, le réservoir est vide, et la citerne finit de se vider en 90 s (35,6 kg/s). Aucune flaque ne se forme Hauteur maximale du nuage toxique : 3 m</p>
PhD6	Perte de confinement d'un réservoir de CO ₂	16 m (3F) 17 m (5D)	21 m (3F) 23 m (5D)	28 m (3F) 29 m (5D)	/	<p>Inventaire rejeté : 20,2 m³ Pression de conception intérieure : 33 bars Pression de rupture : 2,5 fois la pression de conception intérieure soit 82,5 bars Température : -17 °C (à l'équilibre) Hauteur du rejet par rapport au sol : 1,5 m (hauteur de liquide : 5 m) Absence de dispositif de rétention Aucune nappe ne se forme Hauteur maximale du nuage toxique : 25 m</p>

Phénomènes dangereux (PhD)		Distances d'effets				Principales hypothèses / Résultats intermédiaires
N°	Intitulé	SELS	SEL	SEI	Bris de vitres	
PhD7	Rupture conduite de soutirage d'un réservoir de CO ₂	4 m (3F) 4 m (5D)	7 m (3F) 6 m (5D)	12 m (3F) 10 m (5D)	/	<p>Diamètre rupture : 25 mm (correspond au diamètre de conduite) Pression : 22 bars Température : -15 °C (à l'équilibre) Hauteur du liquide : 5 m Hauteur de la brèche par rapport au sol : 1 m Durée de fuite : jusqu'à la vidange totale Débit de fuite : 8,48 kg/s. Ce débit est supérieur à celui défini par les pompes (> 1 kg/s). Nous retenons le débit majorant pour le calcul des distances d'effets Aucune nappe ne se forme Hauteur maximale du nuage toxique : 1,5 m</p>
PhD8	Explosion du corps de chauffe d'une chaudière	22 m	28 m	69 m	138 m	<p>Volume du corps de chauffe : 14,63 m³ (1/4 de vapeurs et 3/4 m³ d'eau liquide) Pression d'ouverture des soupapes : 15 bars Pression de calcul du corps de chauffe : 20 bars Pression de rupture : 2,5 fois la pression de calcul soit 50 bars Chaleur spécifique du gaz : 1,28 Coefficient d'absorption : 0,6 Energie d'explosion : 100 MJ (40 % de l'énergie disponible) Masse équivalente TNT : 21,4 kg</p>
PhD9	Explosion de la salle des machines	16 m	20 m	49 m	98 m	<p>Volume salle des machines : 529 m³ (surface : 90,8 m² et hauteur : 5,8 m) 30% du local occupé Pression de rupture de la salle des machines : 200 mbar (local béton) Pression de rupture retenue pour la modélisation : 400 mbar (2 x 200 mbar) Rapport des chaleurs massique : 1,31 (ammoniac) Indice Multi Energie 7 (surpression maximale de 1 000 mbars) Energie d'explosion : 47,8 MJ Coefficient de réflexion : 2 (pris en compte d'un possible rebond sur la falaise ; voir explication ci-après) Energie d'explosion corrigée : 95,6 MJ</p>

Phénomènes dangereux (PhD)		Distances d'effets				Principales hypothèses / Résultats intermédiaires
N°	Intitulé	SELS	SEL	SEI	Bris de vitres	
PhD10	BLEVE d'un réservoir de CO ₂	29 m	36 m	91 m	182 m	Volume d'un réservoir : 20,2 m ³ Pression de conception intérieure : 33 bars Pression de rupture : 2,5 fois la pression de conception intérieure soit 82,5 bars Chaleur spécifique du gaz : 1,289 Coefficient d'absorption : 0,6 Energie d'explosion : 227 MJ (40 % de l'énergie disponible) Masse équivalente TNT : 48,6 kg

Tableau 15 : Résultats des modélisations

Les cartographies des zones d'effets sont présentées en Annexe III.

Les graphiques des dispersions atmosphériques sont présentés ci après.

Du fait de la falaise située en limite ouest du site, les zones d'effets calculées peuvent faire l'objet de modification au vue de cette topographie :

- Pour le PhD3 (Incendie au niveau du poste de dépotage GNR/JET), la falaise située en limite ouest du site fait office de mur coupe-feu. Les effets thermiques ont donc été calculés à différentes hauteurs pour déterminer les effets ressentis en haut de la falaise hors du site. Ceci est pris en compte dans la cartographie.
- Pour les scénarios de dispersion toxique (PhD4a, PhD4b, PhD5, PhD6 et PhD7), la présence de la falaise n'a pas été prise en compte dans les modélisations car le logiciel PHAST modélise les dispersions atmosphériques en champ libre sans obstacles majeurs :
 - Pour le PhD4a et PhD4b, les effets peuvent aller à des distances importantes (supérieurs à 44 m) et à des attitudes de 2 à 40 m. Au vu des volumes importants des nuages, il est impossible d'affirmer que celui-ci ne peut pas « remonter » la falaise en cas de vents contraires. Ici, il a été considéré de manière majorante de ne pas tenir compte de la falaise et de rabattre les distances au sol quelque soit la topographie.
 - Pour le PhD5 : les effets SEI viennent légèrement « toucher » la falaise mais les hauteurs des nuages toxiques sont comprises entre 2,5 et 3 m de hauteur, soit sur une zone très limitée. Même en cas de vent contraire, il est impossible que ce nuage de petite taille « remonte » le long de la falaise. Ainsi, la falaise fait office de barrière et aucun effet hors site n'est envisagé.

- Pour les PhD6, PhD7, le nuage toxique est contenu du côté est du site et ne vient pas « toucher » la falaise. Les zones d'effets sont donc celles établies par PHAST car l'hypothèse du champ libre sans obstacles majeurs reste valable.
- Etant donné la localisation de la salle des machines à proximité du bord de la falaise, l'explosion de cette salle et l'onde de surpression associée va se réfléchir contre la falaise. L'onde de surpression peut se diriger du côté est du site à l'opposé de la falaise ou alors montée au droit de celle-ci. Dans le cas majorant où l'onde pourrait rebondir, un coefficient de réflexion de 2 a été considéré. Cela signifie que l'onde de surpression du côté est pourrait être 2 fois plus importantes.
Ainsi, pour le PhD9, aucun effet n'est donc observé par-delà la falaise.
- Pour la cartographie du PhD10 (BLEVE d'un réservoir de CO₂), la présence de la falaise n'a pas été prise en compte. Etant donné que la falaise surplombe le site de plus de 25 m, les effets de surpression sphériques générés au niveau des réservoirs de CO₂ devraient être atténués. Cependant, cette atténuation n'est pas prise en compte car elle est minime du fait de la taille de l'onde de surpression (sphère de 91 m pour les SEI) et de l'éloignement des réservoirs de CO₂ par rapport à la falaise (pas d'effet « rebond » sur celle-ci).

➤ **PhD1 : Incendie du stockage du hall logistique**

La figure suivante localise les zones d’effet de cet incendie.

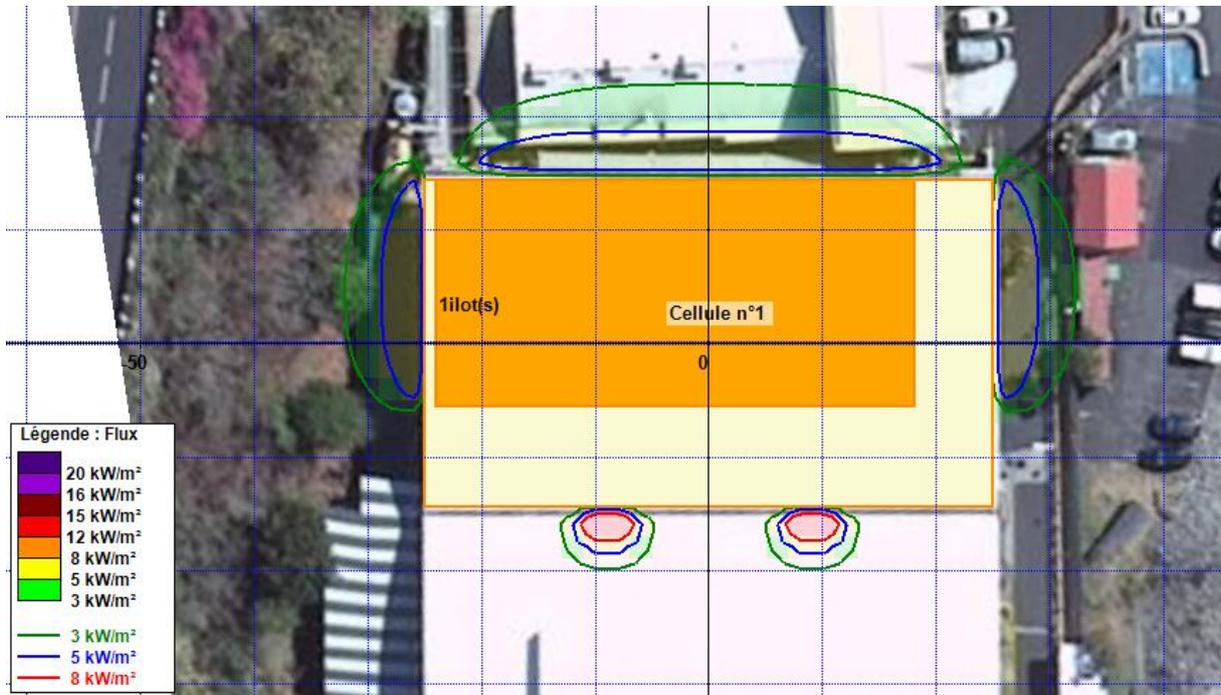
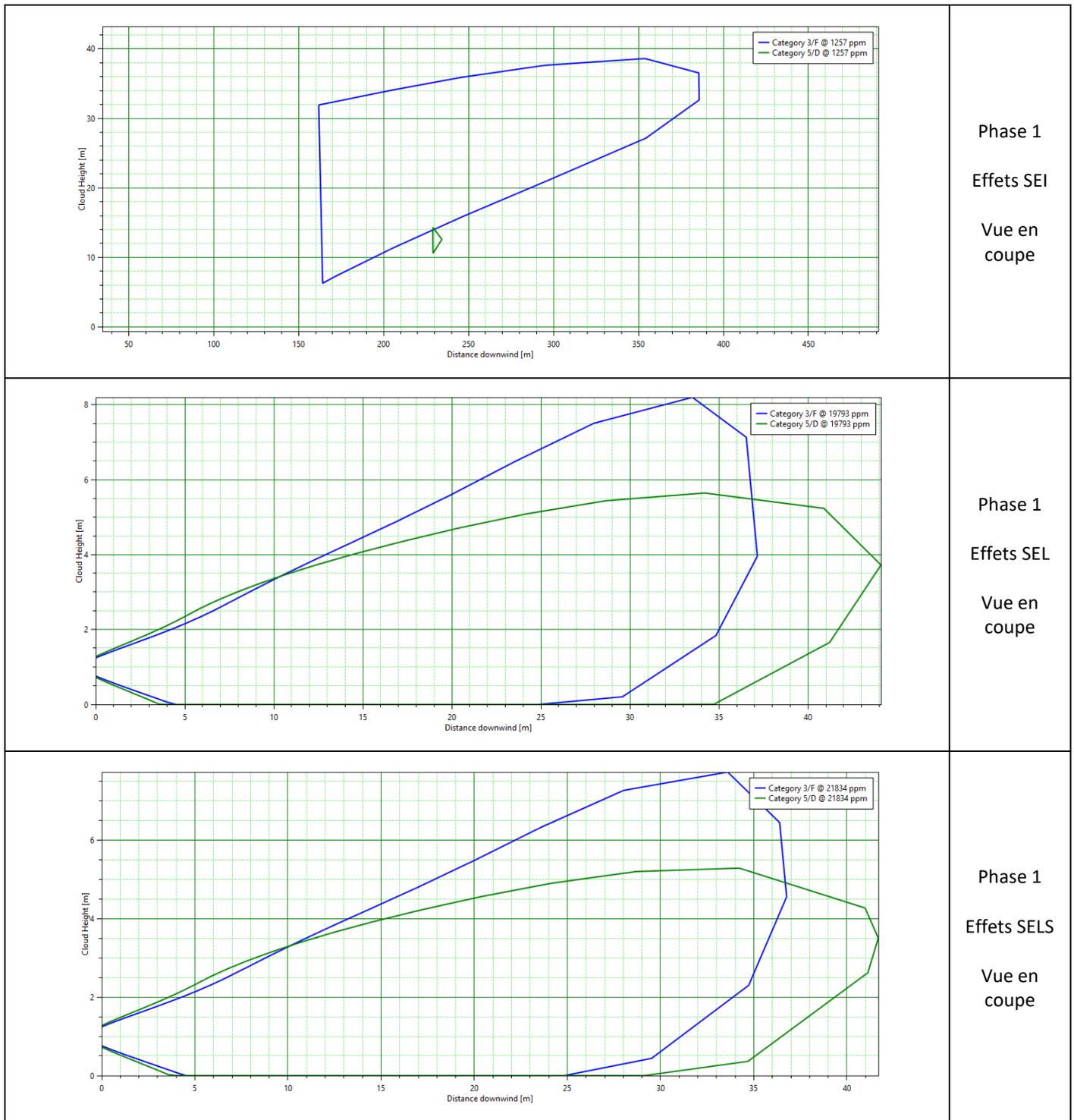


Figure 14 : PhD1 – Effets thermiques de l’incendie du hall logistique

➤ **PhD4a : Rupture accidentelle sur le circuit BP en sortie du séparateur liquide dans la salle des machines**

Les schémas suivants présentent une vue de dessus dans toutes les conditions météorologiques des effets SEI puis SEL puis SELS.



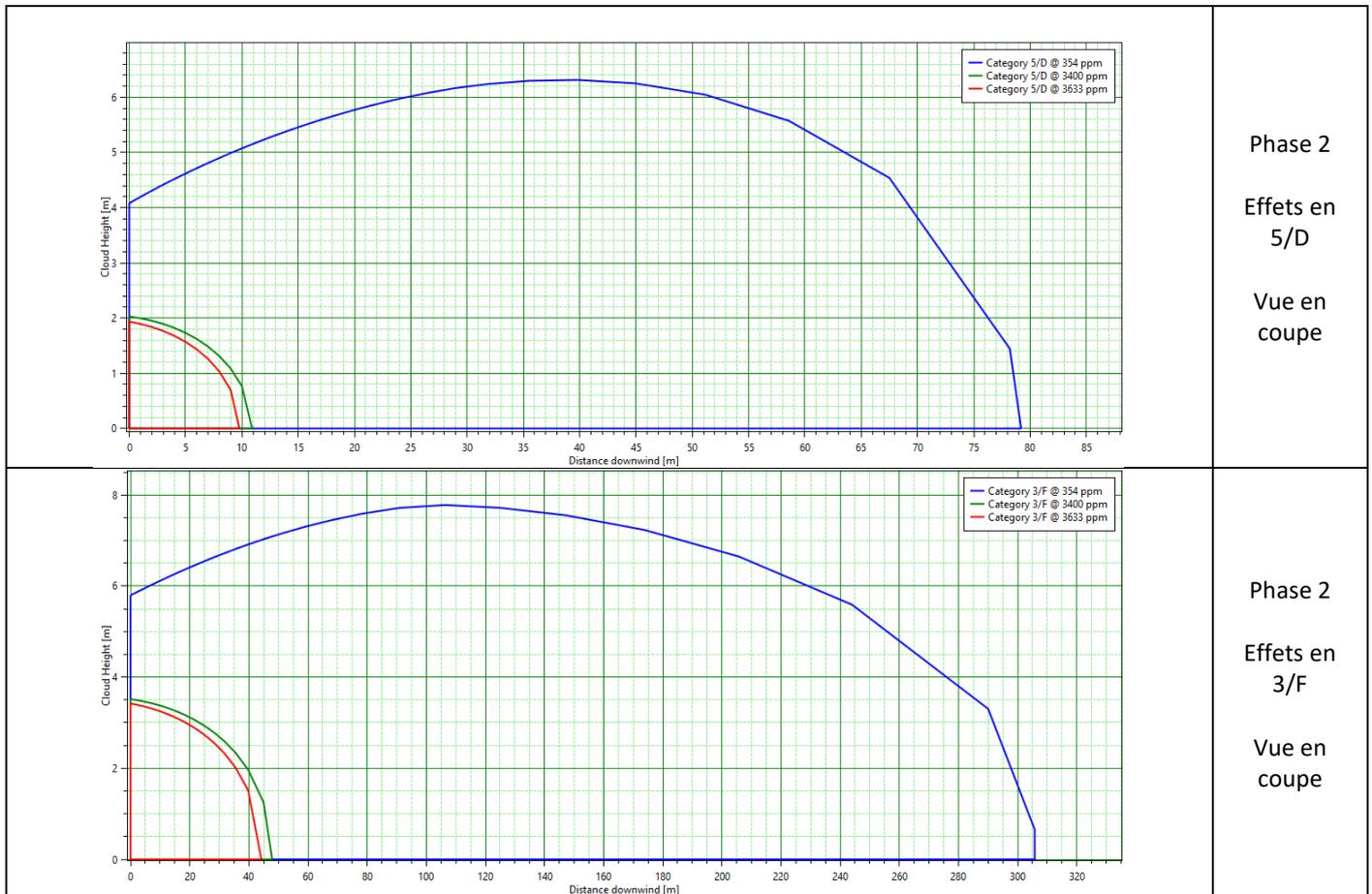
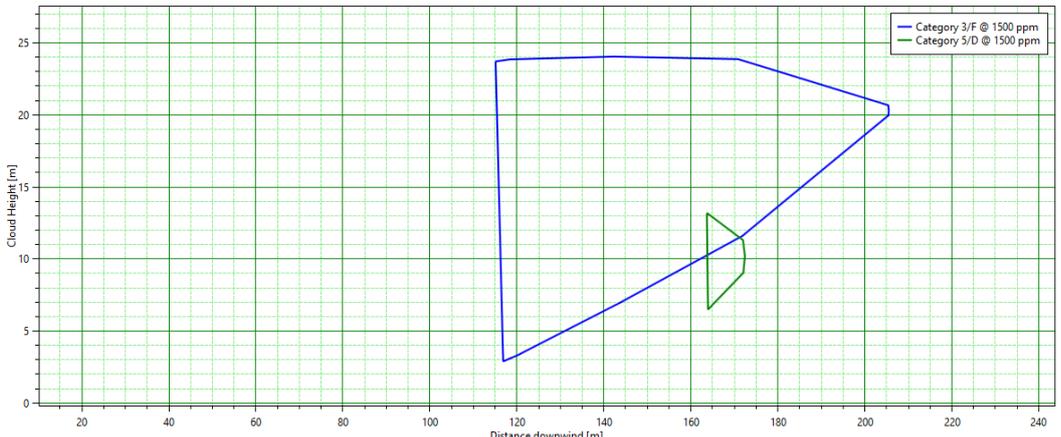
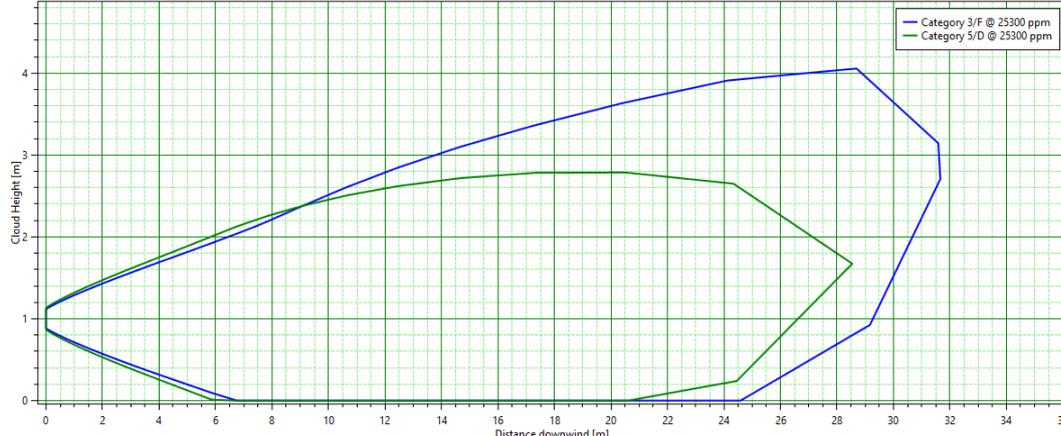
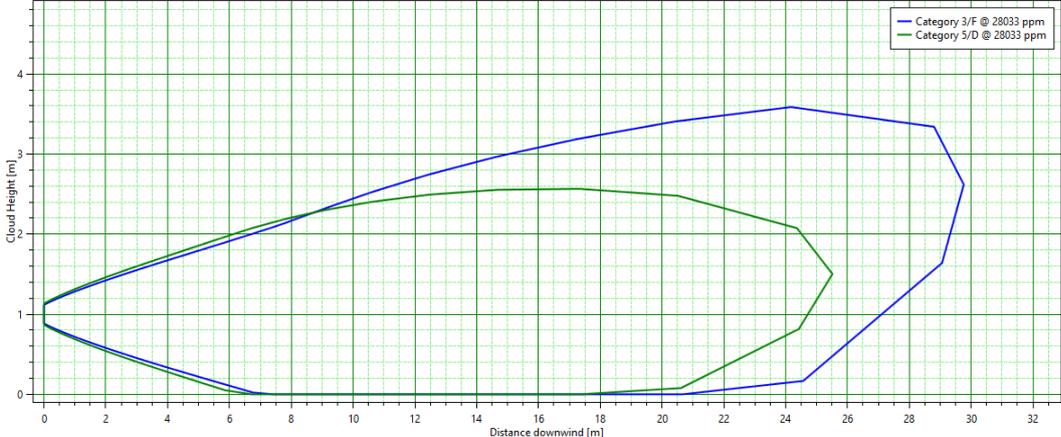


Figure 15 : PhD4a - Vue des panaches toxiques

➤ **PhD4b : Rupture accidentelle sur circuit HP en sortie d’un condenseur en toiture**

Les schémas suivants présentent une vue de dessus dans toutes les conditions météorologiques des effets SEI puis SEL puis SELS.

	<p>Phase 1 Effets SEI Vue en coupe</p>
	<p>Phase 1 Effets SEL Vue en coupe</p>
	<p>Phase 1 Effets SELS Vue en coupe</p>
<p>Phase 2</p>	

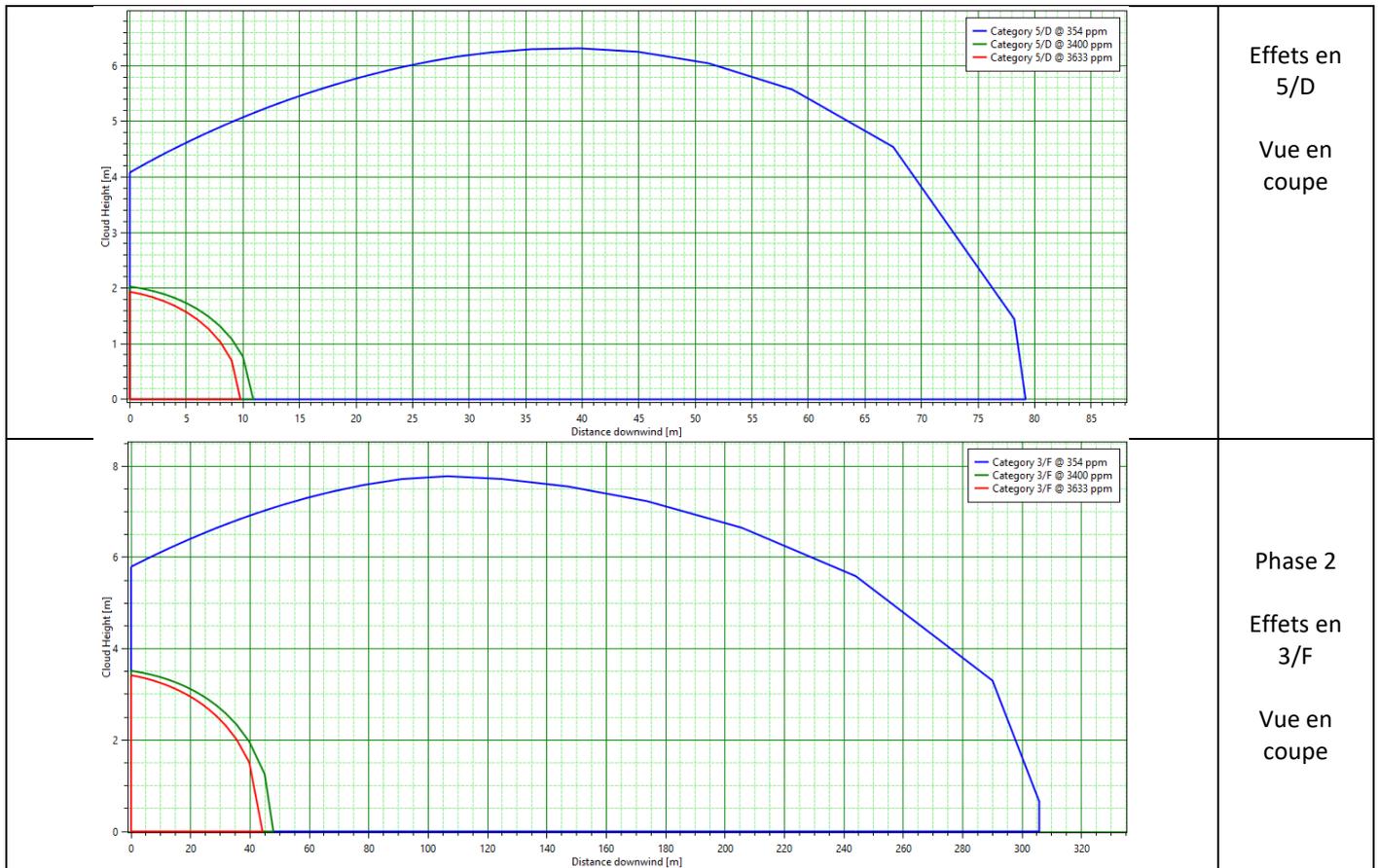


Figure 16 : PhD4b - Vue de dessus des panaches toxiques

➤ **PhD5 : Fuite lors d’un dépotage de CO₂**

Les schémas suivants présentent une vue de profil des effets dans les conditions F3 et D5.
 En bleu le SEI, en vert le SEL et en rouge le SELS.

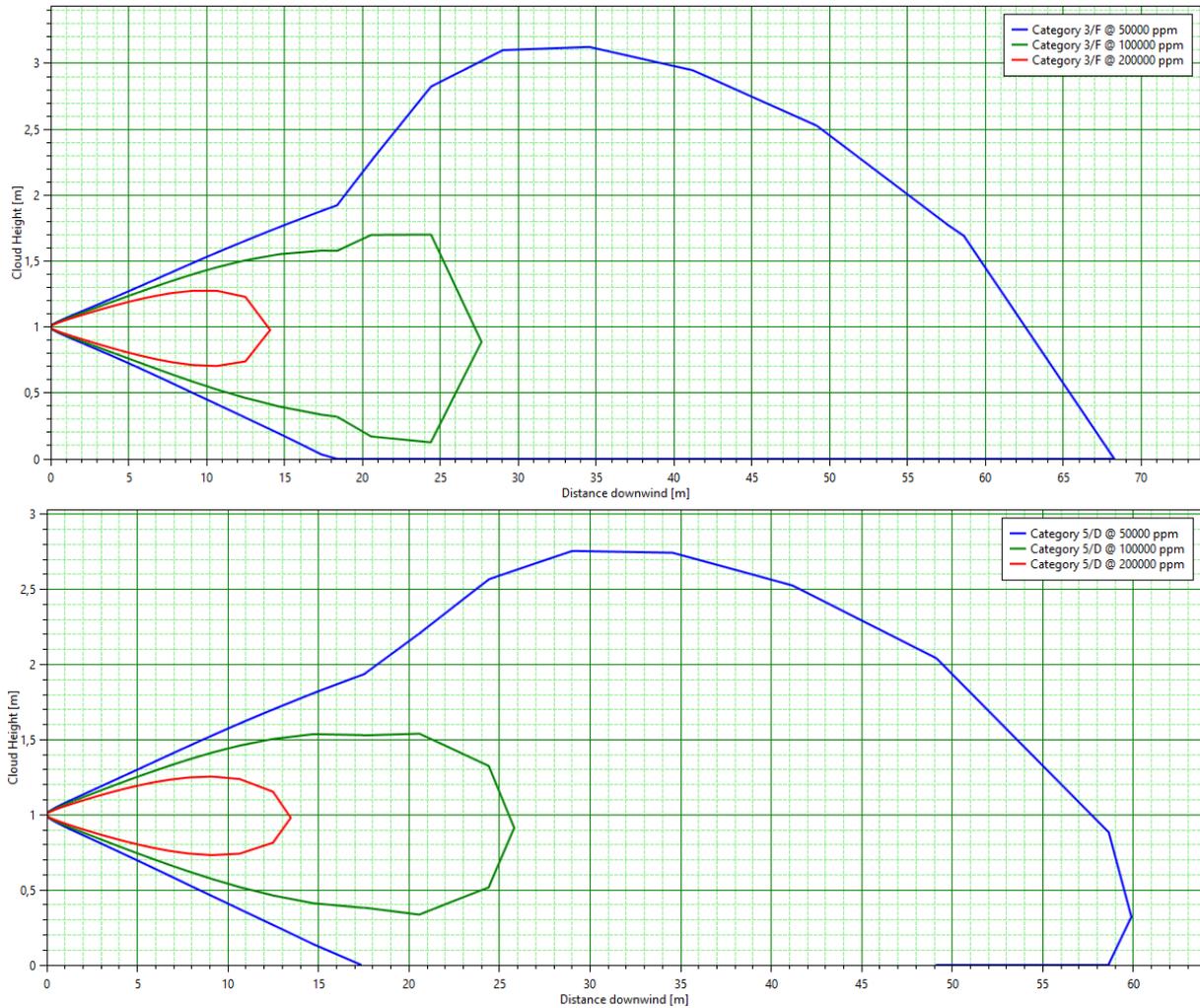


Figure 17 : PhD5 - Vue de profil du panache pour chaque seuil d’effet en F3 (en haut) et D5 (en bas)

➤ **PhD6 : Perte de confinement d’un réservoir de CO₂**

Les schémas suivants présentent une vue de profil des effets dans les conditions F3 et D5.
 En bleu le SEI, en vert le SEL et en rouge le SELS (ces derniers n’apparaissent pas, car au moment de la distance maximale SEI, le seuil associé n’est déjà plus atteint).

Il est à noter que les effets durent moins de 5 s.

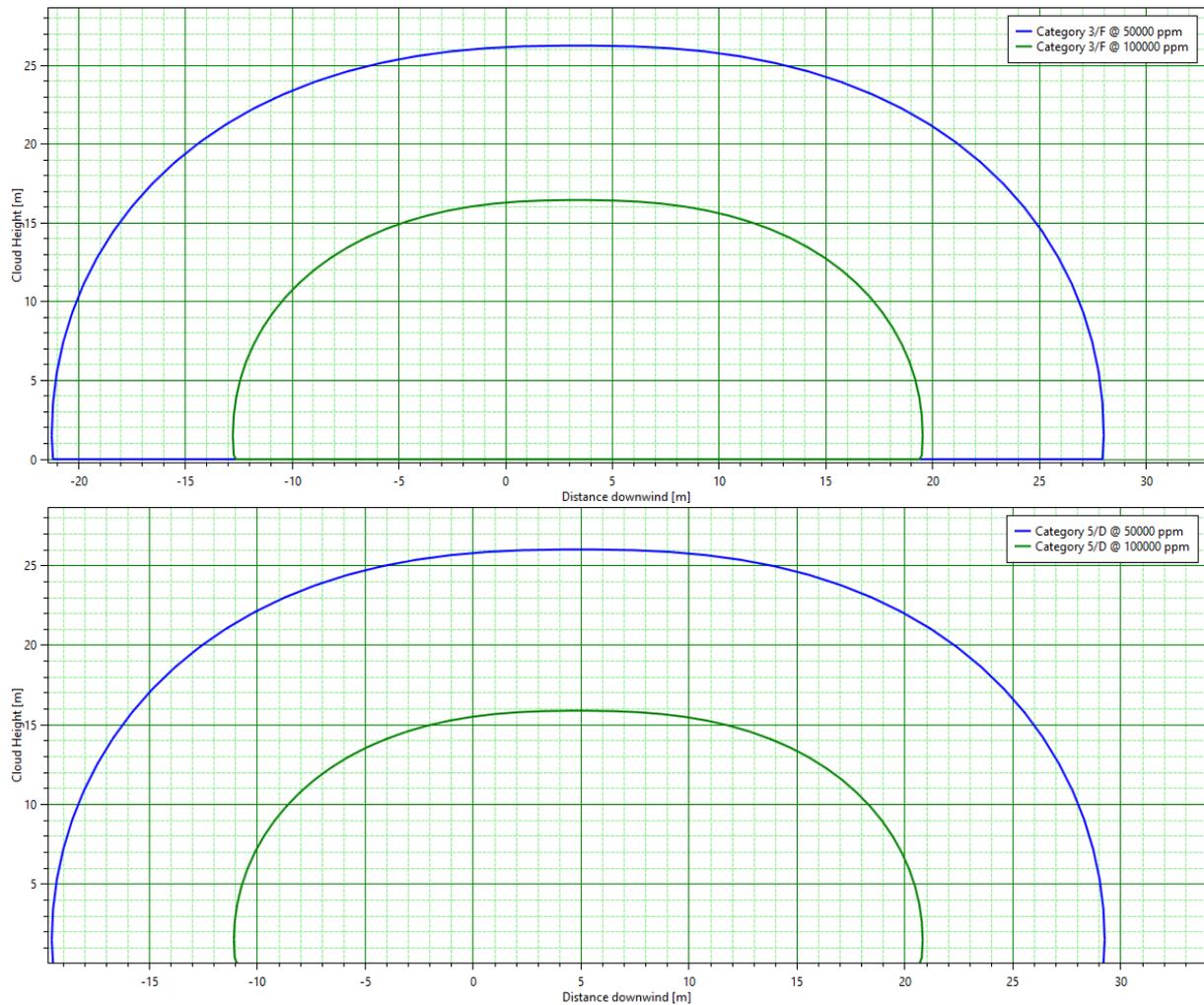


Figure 18 : PhD6 - Vue de profil du panache pour chaque seuil d’effet en F3 (en haut) et D5 (en bas)

➤ **PhD7 : Rupture conduite de soutirage d’un réservoir de CO₂**

Les schémas suivants présentent une vue de profil des effets dans les conditions F3 et D5.
 En bleu le SEI, en vert le SEL et en rouge le SELS.

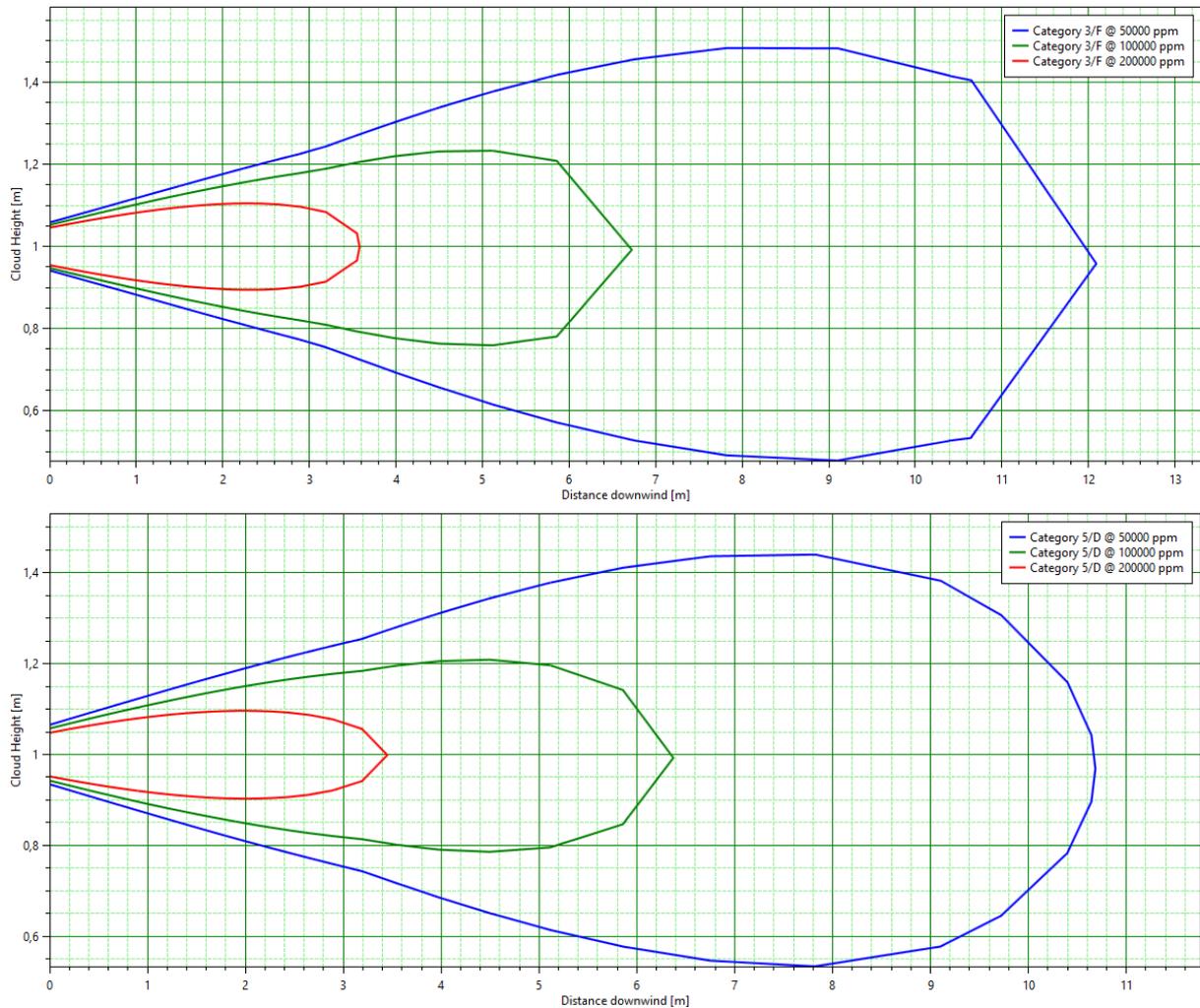


Figure 19 : PhD8 - Vue de profil du panache pour chaque seuil d’effet en F3 (en haut) et D5 (en bas)

6.4. Evaluation des effets dominos

D'après la circulaire du 10 mai 2010 un effet domino est une « Action d'un phénomène dangereux affectant une ou plusieurs installations d'un établissement qui pourrait déclencher un autre phénomène sur une installation ou un établissement voisin, conduisant à une aggravation générale des effets du premier phénomène ».

Les valeurs seuils d'effets retenues à partir desquelles un effet domino sur les installations voisines est à examiner au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005 sont les suivantes :

- Pour les effets thermiques : 8 kW/m² ;
- Pour les effets de surpression : 200 mbar.

Ces valeurs constituent des limites inférieures à partir desquelles des effets dominos sont envisageables.

Les effets toxiques ne génèrent pas d'effets dominos.

Phénomène dangereux		Type d'effet	Distance d'effets dominos	Installations atteintes	Conséquences
PhD1	Incendie du stockage du hall logistique	Thermique	Limités aux portes	Aucune	Aucune
PhD2	Explosion de poussière dans un silo de stockage de céréales	Surpression	4 m	Installations voisines de la salle à brasser	Aucune Dégâts matériels
PhD3	Incendie au niveau du poste de dépotage GNR/JET	Thermique	15 m	Véhicule-citerne de livraison de GNR/JET	Pressurisation lente du véhicule-citerne Explosion du véhicule-citerne Non retenu car majoré par le PhD9 (voir remarque 1)
				Cuve de stockage de GNR/JET	Explosion de la cuve Feu de nappe Retenu – PhD11/PhD12 (voir remarque 2 et 3)
				Hall logistique	Incendie du stockage Retenu – PhD1
				Atelier de maintenance	Aucune Les murs permettront de limiter les effets dominos

Phénomène dangereux		Type d'effet	Distance d'effets dominos	Installations atteintes	Conséquences
PhD8	Explosion du corps de chauffe d'une chaudière	Surpression	22 m	Nouvelle salle à brasser	Dégâts matériels Pas de sur-accident redouté
				Atelier embouteillage	Dégâts matériels Pas de sur-accident redouté
				Salle des machines groupe froid	Aucune Les murs permettront de limiter les effets dominos
				Réservoirs de CO ₂	Aucun La double-enveloppe du réservoir isolé sous vide résiste à des pressions extérieures élevées (voir remarque 4)
PhD9	Explosion de la salle des machines	Surpression	16 m	Nouvelle salle à brasser	Dégâts matériels Pas de sur-accident redouté
				Atelier embouteillage	Dégâts matériels Pas de sur-accident redouté
				Chaufferie	Aucune Les murs permettront de limiter les effets dominos
PhD10	BLEVE d'un réservoir de CO ₂	Surpression	29 m	Cuves de stockage de bières	Dégâts matériels et épandage
				Nouvelle salle à brasser	Dégâts matériels Pas de sur-accident redouté
				Atelier embouteillage	Dégâts matériels Pas de sur-accident redouté
				Chaufferie	Aucune Les murs permettront de limiter les effets dominos
				Salle des machines groupe froid	Aucune Les murs permettront de limiter les effets dominos
				Réservoirs de CO ₂	Aucun La double-enveloppe du réservoir isolé sous vide résiste à des pressions extérieures élevées (voir remarque 4)

Tableau 16 : Effets dominos

Remarque :

- 1) Les véhicules-citernes étant par nature mobiles, ceux-ci peuvent être soustraits du feu (déplacement de la citerne ou intervention/extinction) dans un délai suffisamment rapide pour éviter des sur-accidents. Cependant, le risque d'effets dominos thermique sur le véhicule-citerne ne peut pas être exclu (mouvement du véhicule-citerne délicat en cas d'incendie sur l'aire de dépotage)
 Cependant, le volume de la citerne du véhicule-citerne (18 m³) est plus petit que celui de la cuve de GNR/JET (30 m³). Le cas de l'explosion du véhicule-citerne est donc même couvert par le PhD9.
 De plus, le cas de pressurisation lente n'est pas retenu du fait de la position horizontale de la citerne et de la présence de dispositifs passif de dépressurisation.

- 2) En cas d'incendie à proximité, il peut se produire une montée en pression dans la cuve de GNR/JET entraînant une explosion interne. Le cas de pressurisation lente n'est pas étudié ici car ce dernier apparaît lors de feu de nappe au droit de la cuve (dans une rétention par exemple).
- 3) En cas d'incendie à proximité, la cuve de GNR/JET pourra être touchée. En cas de perte de confinement (scénario d'explosion de la cuve décrit ci-dessus non réalisé), le GNR/JET va s'écouler au sol et va venir alimenter le feu de nappe déjà existant. Il se formera alors un feu de nappe de plus grande taille.
- 4) Les double-enveloppes des réservoirs isolés sous vide résistent à une pression extérieure élevée (1 bar), du fait de leur tenue au vide régnant dans l'inter-paroi. La présence de la double-enveloppe et de l'épaisseur de perlite permettent par ailleurs de réduire considérablement la vitesse des projectiles susceptibles de percer la première barrière. Ainsi, aucun effet domino de surpression n'est considéré pour ces équipements.

Ainsi, l'analyse des effets dominos met en évidence que 2 nouveaux scénarios ont été identifiés. Il s'agit du :

- **PhD11 : Explosion de la cuve de 30 m³ de GNR/JET ;**
- **PhD12 : Incendie étendu suite à un incendie au niveau du poste de dépotage.**

Aucun seuil d'effet domino n'est recensé hors des limites étendues du site (site + parcelle Mairie occupée par la route d'accès au site et le parking des Brasseries de Bourbon).

6.5. Modélisation des phénomènes dangereux générés par effets dominos

6.5.1. Méthodes et moyens de calcul mis en application

6.5.1.1. Modélisation des explosions de réservoir (PhD11)

Les effets de surpression liés à une explosion pneumatique ou confinée (notamment dans le cas des capacités à pression atmosphérique) sont calculés selon la méthode proposée par le « Yellow Book » du TNO.

Pour évaluer l’onde de pression engendrée lors de la rupture d’un appareil (causes : explosion interne de gaz, emballement thermique ou compression anormale), la méthode proposée est la méthode de Baker et al.

Cette méthode est basée sur l’évaluation de termes thermodynamiques et sur l’estimation de l’énergie libérée lors de la rupture de l’appareil (cf. « Yellow book » du TNO intitulé *Methods for the calculation of the physical effects of the escape of dangerous materials*, CPR 14 E, 3rd edition, 1997, TNO (Pays-Bas)).

L’énergie E_{ex} libérée par la décompression du gaz au moment de la rupture est donnée par l’équation suivante :

$$E_{ex} = A_{sb} \frac{(P_1 - P_a)}{\gamma - 1} \cdot V_g$$

où :

E_{ex} Energie d’explosion (J)

A_{sb} Constante pour tenir compte de la réflexion de l’onde au sol : 1 ou 2 (sans unité)

P_1 Pression absolue de l’enceinte lors de la rupture (Pa)

P_a Pression ambiante (Pa)

V_g Volume de la phase gazeuse (³)

γ Rapport des chaleurs spécifiques du gaz : ici cas de liquide inflammable soit 1,314 (sans unité)

La pression \bar{P}_s , dite pression réduite, correspondant à la pression d’intérêt (20¹³, 50, 140 ou 200 mbar) est calculée à l’aide de la formule suivante :

$$\bar{P}_s = \left(\frac{P_s - P_a}{P_a} \right)$$

où :

P_s : pression maximale atteinte (Pa)

P_a : pression atmosphérique (Pa)

$P_s - P_a$: surpression maximale atteinte (Pa)

¹³ Les distances atteintes au seuil d’effets de surpression de 20 mbar sont obtenues en multipliant par 2, les distances atteintes au seuil d’effets de surpression de 50 mbar.

Connaissant la pression réduite \bar{P}_s , par lecture d’abaque nous obtenons la distance réduite \bar{R} donnée par :

$$\bar{R} = R_0 \left(\frac{P_a}{E_{ex}} \right)^{1/3}$$

où :

E_{ex} : Energie d’explosion (J)

P_a : pression atmosphérique (Pa)

Comme on connaît l’énergie d’explosion (E_{ex}), la distance réelle \bar{R} , à laquelle la surpression considérée est obtenue peut être calculée via un abaque selon le type de capacité étudié :

- Capacité générant des ondes de pression symétrique (capacité sphériques proches ou non du sol ou capacité hémisphérique) ;
- Capacité générant cylindrique placée sur le sol (capacité cylindrique verticale et horizontale) ;
- Capacité surélevée (capacité cylindrique verticale et horizontale).

Le Yellow Book fournit les caractéristiques suivantes pour la pression à retenir lors de la rupture de l’équipement :

Situation	Pression lors de la rupture
Corrosion/Erosion/Fatigue de l’équipement Défaut de matériau Impact externe	Pression de service
Incendie extérieur	1,21 x pression d’ouverture de la soupape de sécurité
Sur-remplissage (en combinaison avec la défaillance de la soupape de sécurité)	Pression de calcul x facteur de sécurité (en général 2,5)
Surchauffe (en combinaison avec la défaillance de la soupape de sécurité)	Pression de calcul x facteur de sécurité (en général 2,5)
Explosion interne	3 à 4 x pression initiale (cas d’un mélange gazeux proche des limites d’explosivité) en général 8 x pression initiale (cas d’un mélange gazeux à la stœchiométrie)

Dans notre cas, la pression de rupture sera prise égale à 4 fois la pression atmosphérique cas d’un mélange gazeux proche des limites d’explosivité. Il s’agit d’un cas majorant pour l’explosion d’une capacité à pression atmosphérique.

6.5.1.2. Modélisation des feux de nappe (PhD12)

Voir méthodologie décrite au chapitre 0.

6.5.2. Evaluation de l’intensité des phénomènes dangereux

Le tableau ci-après présente la synthèse des distances d’effets obtenues et les principaux calculs intermédiaires. Les distances sont données à partir de la zone en feu ou du centre de l’explosion.

Phénomènes dangereux (PhD)		Distances d’effets				Principales hypothèses / Résultats intermédiaires	
N°	Intitulé	SELS	SEL	SEI	Bris de vitres		
PhD11	Explosion de la cuve de 30 m ³ de GNR/JET	12 m	14 m	31 m	62 m	Volume cuve : 30 m ³ Coefficient de réflexion = 4 (équipement posé au sol + présence de la falaise ; voir ci-dessous) Pression de service : 1 bar / Pression de rupture : 4 bars Chaleur spécifique du gaz : 1,314 (liquides inflammables) Energie d’explosion : 116,2 MJ	
PhD12	Incendie étendu suite à un incendie au niveau du poste de dépotage	Au niveau du sol	L : 20 m l : 20 m	L : 20 m l : 20 m	L : 25 m l : 25 m	/	Dimension de la nappe : Poste de dépotage (7x4m) + zone entre le poste de dépotage et la cuve de rétention (8x4 m). Soit : 60 m ² (8 m x 7,5m) Vitesse de combustion : 55 g/m ² /s (hydrocarbures) Pouvoir émissif : évalué avec Mudan et Croce Hauteur de flamme : 6 m
		Au niveau de la falaise (+ 26 m)	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	

Tableau 17 : Résultats des modélisations – cas des effets dominos

Les cartographies des zones d’effets sont présentées en Annexe III.

Etant donné la localisation de la cuve de GNR/JET au bord de la falaise, en cas d’explosion, en plus de se réfléchir sur le sol, l’onde de surpression générée va se réfléchir contre la falaise. D’où la prise en compte d’un facteur multiplicateur de 4 (2 x 2). Cette réverbération de l’onde de surpression la dirige du coté est du site à l’opposé de la falaise. Ainsi, pour le PhD11, aucun effet n’est donc observé par-delà la falaise.

Pour le PhD12 (Incendie au niveau du poste de dépotage GNR/JET), la falaise située en limite ouest du site fait office de mur coupe-feu. Les effets thermiques ont donc été calculés à différentes hauteurs pour déterminer les effets ressentis en haut de la falaise hors du site. Ceci est pris en compte dans la cartographie.

6.6. Synthèse des phénomènes dangereux générant des effets à l’extérieur du site

L’intensité des phénomènes dangereux a été évaluée précédemment par les modélisations. L’étude des effets dominos a permis d’identifier les éventuels phénomènes dangereux supplémentaires générés par effets dominos.

Les phénomènes dangereux entraînant des effets létaux et/ou significatifs pour la vie humaine uniquement à l’intérieur des limites du site présentent un risque acceptable. Pour les autres phénomènes dangereux, une évaluation de la gravité, de la probabilité et de la cinétique est réalisée afin de caractériser le risque.

Notons que les Brasseries de Bourbon sont propriétaires de deux parcelles (AK1 et AH30). De plus, ils occupent et exploitent une partie de la parcelle publique de la rue « Quai Ouest ». Cette zone correspond au parking du site ainsi qu’à la voie d’accès jusqu’au bâtiment administratif.

Les Brasseries de Bourbon ont un arrêté préfectoral avec la Mairie pour exploiter cette zone et ils en maîtrisent l’accès grâce à un portail, des panneaux interdisant l’accès et un poste de garde.

Il est donc considéré qu’aucune tierce personne non informée ne peut être présente au niveau de cette zone.

Ainsi, si des effets indésirables atteignent cette zone, elle sera comptabilisée comme appartenant au site.

Phénomène dangereux		Effets sortant des limites du site ?	Situation du risque
PhD1	Incendie du stockage du hall logistique	Non	Acceptable
PhD2	Explosion de poussière dans un silo de stockage de céréales	Non	Acceptable
PhD3	Incendie au niveau du poste de dépotage GNR/JET	Non	Acceptable
PhD4a	Rupture accidentelle sur le circuit BP en sortie du séparateur liquide dans la salle des machines	Oui	Etude de la probabilité et de la gravité
PhD4b	Rupture accidentelle sur circuit HP en sortie d’un condenseur en toiture	Oui	Etude de la probabilité et de la gravité
PhD5	Fuite lors d’un dépotage de CO ₂	Oui	Etude de la probabilité et de la gravité
PhD6	Perte de confinement d’un réservoir de CO ₂	Non	Acceptable
PhD7	Rupture conduite de soutirage d’un réservoir de CO ₂	Non	Acceptable
PhD8	Explosion du corps de chauffe d’une chaudière	Oui	Etude de la probabilité et de la gravité
PhD9	Explosion de la salle des machines	Non	Acceptable
PhD10	BLEVE d’un réservoir de CO ₂	Oui	Etude de la probabilité et de la gravité
PhD11	Explosion de la cuve de 30 m ³ de GNR/JET	Non	Acceptable
PhD12	Incendie au niveau du poste de dépotage GNR/JET	Non	Acceptable

Tableau 18 : Phénomènes dangereux générant des effets hors des limites du site

Remarque : Seuls les effets sur la vie humaine sont répertoriés. Les effets indirects par bris de vitres ne sont pas comptabilisés.

7. Analyse Détaillée des Risques

7.1. Cotation de la gravité des phénomènes dangereux

7.1.1. Méthodologie

La cotation de la gravité est effectuée par comptage des personnes présentes dans les zones d'effets des phénomènes dangereux. Les modalités d'estimation du nombre de personnes exposées sont définies à travers la fiche n°1 (Eléments pour la détermination de la gravité des accidents) de la partie 1 de la circulaire du 10 mai 2010.

Les zones susceptibles d'être impactées par les effets à l'extérieur des limites du site ainsi que les données prises en compte pour la cotation de la gravité sont présentées dans le tableau ci-dessous :

N°	Désignation	Nombre de personnes considérées	Référence / Justification
1	Route de la Montagne	40 personnes / km	Compter 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour Ici on considère un trafic majorant de 10 000 véhicules/jour (absence de comptage officiel)
2	Rue Quai Ouest	4 personnes / km	Compter 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour Ici on considère un trafic faible mais majorant de 1 000 véhicules/jour (absence de comptage officiel)
3	Rivière Saint-Denis	1.10 ⁻⁶ personne / m ²	Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais, ...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha. Le nombre de personnes exposées devra en tout état de cause être au moins égal à 1, sauf démonstration de l'impossibilité d'accès ou de l'interdiction d'accès.
4	Falaise		
5	Terrain de sport de la Redoute (voir paragraphe ci-après)	0,001 personne / m ²	Pour les terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport, ...) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare. Le nombre de personnes exposées devra en tout état de cause être au moins égal à 1, sauf démonstration de l'impossibilité d'accès ou de l'interdiction d'accès.
/	Routes et parking d'habitations		
6	Parking CILAM		
/	Espaces verts entre les habitations		
7	Mausolées de La Redoute		
8	CILAM	49 personnes (questionnement direct)	Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : prendre le nombre de salariés ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément
9	Direction régionale au recrutement et à la formation de la police nationale (DTRF)	100 personnes (questionnement direct)	Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : prendre le nombre de salariés ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément

N°	Désignation	Nombre de personnes considérées	Référence / Justification
10	Zone artisanale (Conseil général de la Réunion, Carrosserie Five Star)	40 (estimation)	Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : prendre le nombre de salariés ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément
11	Ecole élémentaire Iris Hoareau	185 ^[14]	Compter les ERP (bâtiments d’enseignement, de service public, de soins, de loisir, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d’accueil (au sens des catégories du Code de la construction et de l’habitation). Les catégories des ERP proviennent de l’arrêté du 17/02/2021 portant approbation de la liste des ERP de la Réunion.
12	Ecole maternelle Petite Ile	69 ^[14]	
13	Ecole maternelle Ylang Ylang	68 ^[14]	
14	Collège Jules Reydellet	494 ^[15]	
15	Lycée Levasseur	806 ^[15]	
16 18	Ecole primaire Jules Reydellet	301 ^[14]	
17	Ecole maternelle de la Rivière 2	85 ^[14]	
19	Grand Marché	700 (ERP catégorie 3) ^[16]	
20	Eglise Notre Dame de la Délivrance	400 (ERP catégorie 3) ^[16]	
21	Complexe sportif Jules Reydellet	300 (ERP catégorie 4) ¹⁷	
22	Centre culture et de loisir Jules Reydellet	100 (estimation)	
23	Théâtre du Grand Marché	268 (questionnement direct)	
/	Habitations isolées	2,5 personnes par logement	
24 25 26	Habitations urbaines 24 : quartier « Petite-Île - Bas de La Rivière » 25 : quartier militaire de la Redoute 26 : quartier « Centre-ville »	5,25.10 ⁻³ personne / m ²	Des recensements de l’INSEE de 2017 détaille le nombre d’habitants par quartiers de Saint-Denis Les quartiers potentiellement touchés par les effets du site sont ceux du « Centre-ville » (6 707 habitants) et de « Petite-Île - Bas de La Rivière » (5 027 habitants). Le quartier « Centre-ville » fait 1,63 km ² soit 4 115 pers/km ² et le quartier « Petite-Île - Bas de La Rivière » fait 1,15 km ² soit 4 371 pers/km ² . Il est pris le cas majorant du quartier « Petite-Île - Bas de La Rivière » avec une majoration de 20 % pour prendre en compte l’évolution démographique.

Tableau 19 : Zones impactées par les phénomènes dangereux

¹⁴ Source : <https://www.education.gouv.fr>

¹⁵ Source : <https://www.college-lycee.com>

¹⁶ ERP de catégorie 4 : effectif admissible compris entre 301 et 700 personnes. Cas majorant de 700 personnes pour le Grand Marché mais seulement 400 personnes retenus pour l’église au vu de sa taille

¹⁷ ERP de catégorie 3 : effectif admissible jusqu’à 300 personnes. Cas majorant de 300 personnes pour le complexe sportif

Le stade de la Redoute, situé à 120 m à l'ouest du site, accueille l'arrivée du Grand Raid. Il s'agit d'une course organisée en octobre et qui consiste en la traversée de l'île.

En 2021, cette course a accueilli plus de 6 400 coureurs. A cela s'ajoute le public venu voir l'arrivée et les diverses animations annexes.

Toutes ces personnes se retrouvent au stade de la Redoute mais peuvent stationner sur les rues alentour et notamment sur la rue Quai Ouest du site.

Dans tous les cas, ce nombre important de personnes à proximité du site est extrêmement temporaire.

La fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 indique qu'il est « *très difficile de tenir compte de ces variations d'occupation très fortes* ».

« *Il est conseillé de ne pas les évaluer en tant que tel dans la gravité, mais de consacrer un paragraphe spécial à la manifestation considérée, en prévoyant des mesures spéciales (pré-activation du PPI ou arrêt/activité réduite de l'entreprise pendant la durée de la manifestation (pas de dépotage par exemple) ou interdiction de la manifestation...)* ».

Ainsi, comme indiqué dans le tableau ci avant, pour le calcul de la gravité des phénomènes dangereux de cette étude de dangers, ce terrain de sport sera assimilé à un terrain aménagé et potentiellement fréquenté ou très fréquenté.

Vis-à-vis des mesures spéciales à mettre en œuvre, comme recommandées par la circulaire du 10 mai 2010 :

- Le site ne dispose pas de PPI (Plan Particulier d'Intervention) qui définit les moyens de secours mis en œuvre sous l'autorité du Préfet en cas d'accident majeurs. Sa pré-activation n'est pas possible ;
- L'accident majeur est en lien avec une fuite d'ammoniac au niveau du groupe froid. Il s'agit d'une utilité essentielle au site qui ne peut pas être arrêté sous peine d'un arrêt global de la production ;
- Le site ne peut pas interdire ou déplacer la manifestation.

Le site dispose des procédures et moyens de surveillance permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'installation et de réduire le risque au minimum.

Le site veillera particulièrement à la bonne application de cette surveillance avant et pendant le Grand Raid, notamment en garantissant la présence de 2 techniciens utilités présents simultanément sur le site.

Les zones potentiellement impactées et décrites dans le tableau ci avant sont localisées dans les 2 figures ci-dessous :



Figure 20 : Zones impactées en cas d'accident sur le site (hors effets toxique liés à l'ammoniac)

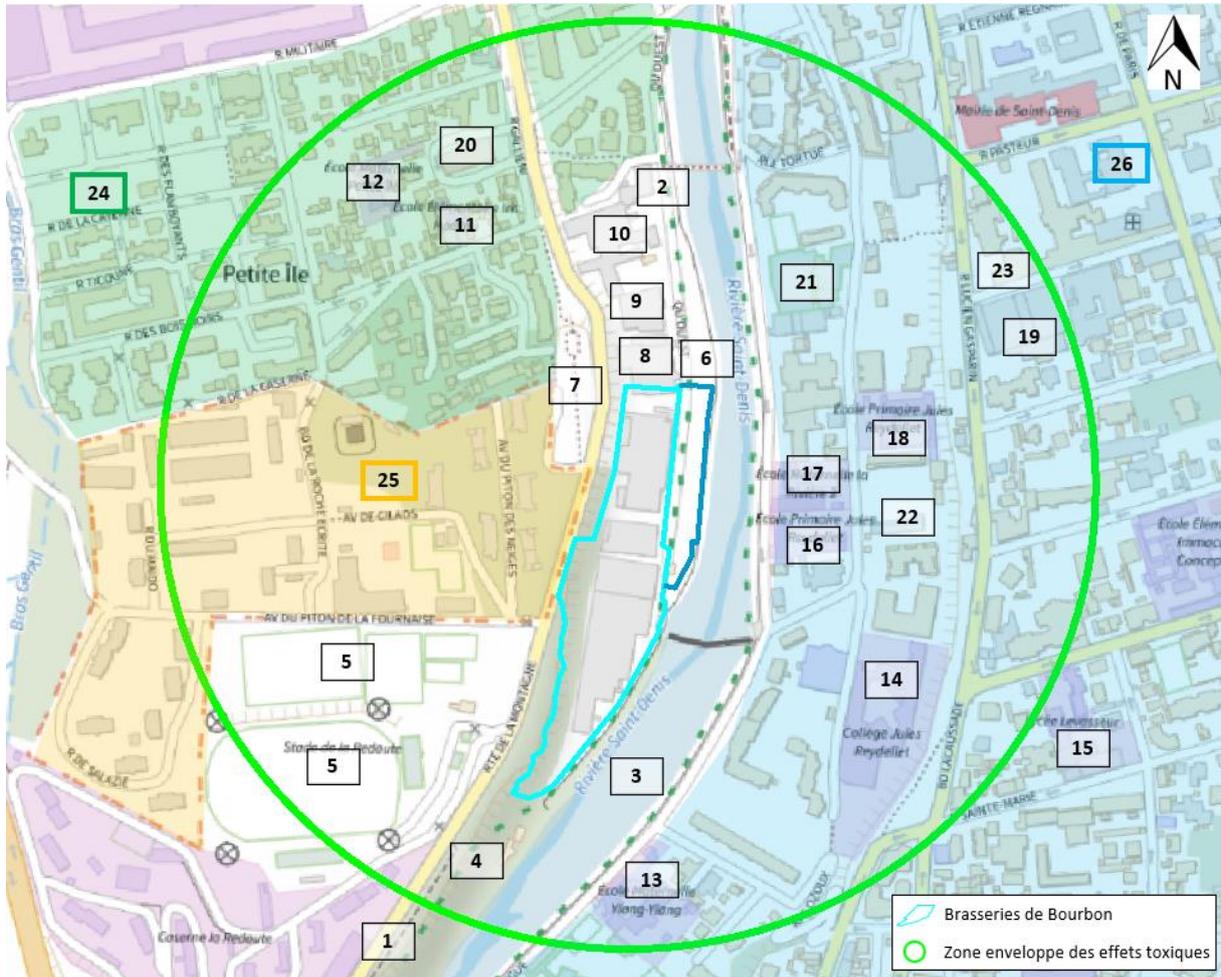


Figure 21 : Zones impactées en cas d’accident toxique lié à l’ammoniac

7.1.2. Echelle de gravité

Les niveaux de gravité sont ceux définis dans l’échelle de probabilité quantitative présentée en Annexe 1 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 des dangers des installations classées soumises à autorisation ».

Niveau de gravité	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes.	Entre 100 et 1 000 personnes exposées.
Important	Au plus 1 personne exposée.	Entre 1 et 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes exposées.
Sérieux	Aucune personne exposée.	Au plus 1 personne exposée.	Moins de 10 personnes exposées.
Modéré	Pas de zone de létalité hors de l’établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne ».

Tableau 20 : Echelle de gravité retenue pour l’analyse détaillée des risques

Remarque :

Pour les effets toxiques, c’est l’option A de la fiche n°5 (Phénomènes de dispersion atmosphérique : représentation et cotation en probabilité-gravité) de la circulaire du 10 Mai 2010 qui a été retenue c'est-à-dire que la gravité globale du scénario est celle correspondant à la gravité de la portion touchée dans un angle de 60° le plus pénalisant.

7.1.3. Evaluation de la gravité des phénomènes dangereux

Le tableau ci-après présente les zones impactées par les différents phénomènes dangereux et la gravité associée. La gravité est déterminée en utilisant les cartographies des zones d’effets (Annexe III).

Phénomène dangereux		Zones impactées par les zones d’effets à l’extérieur du site			Nombre de personnes exposées			Gravité
N°	Intitulé	Effets irréversibles	Premiers effets létaux	Effets létaux significatifs	Effets irréversibles	Premiers effets létaux	Effets létaux significatifs	
PhD4a	Rupture accidentelle sur le circuit BP en sortie du séparateur liquide dans la salle des machines	Rivière : 5 300 m ² Habitations urbaines : 33 500 m ² ^[18] Grand Marché Théâtre du Grand Marché Complexe sportif Jules Reydellet Une partie (50 %) de l’école Jules Reydellet Ecole de la Rivière 2	Falaise : 550 m ² Route de la Montagne : 45 m Terrains aménagés et fréquentés : 150 m ²	Falaise : 550 m ² Route de la Montagne : 40 m	0,0053 + 175,875 + 700 + 268 + 300 + 150,5 + 85 Soit 1 680 personnes	0,00055 + 1,8 + 0,15 Soit 1,9506 personnes	0,00055 + 1,6 Soit 1,6006 personnes	Désastreux
PhD4b	Rupture accidentelle sur circuit HP en sortie d’un condenseur en toiture	Rivière : 6 200 m ² Habitations urbaines : 15 200 m ² ^[18] Une partie (50 %) du collège Jules Reydellet Une partie (50 %) de l’école Jules Reydellet Ecole de la Rivière 2 Centre culturel Jules Reydellet	Falaise : 550 m ² Route de la Montagne : 45 m Terrains aménagés et fréquentés : 150 m ²	Falaise : 550 m ² Route de la Montagne : 40 m	0,0062 + 79,8 + 247,5 + 150,5 + 85 + 100 Soit 663 personnes	0,00055 + 1,8 + 0,15 Soit 1,9506 personnes	0,00055 + 1,6 Soit 1,6006 personnes	Catastrophique

¹⁸ La superficie de la zone « Habitations urbaines » prend également en compte les différentes rues de la ville.

Phénomène dangereux		Zones impactées par les zones d’effets à l’extérieur du site			Nombre de personnes exposées			Gravité
N°	Intitulé	Effets irréversibles	Premiers effets létaux	Effets létaux significatifs	Effets irréversibles	Premiers effets létaux	Effets létaux significatifs	
PhD5	Fuite lors d’un dépotage de CO ₂	Rivière : 1 950 m ²	/	/	Au plus 1 personnes	/	/	Sérieux
PhD8	Explosion du corps de chauffe d’une chaudière	Rivière : 1 750 m ² Falaise : 1 780 m ² Route de la Montagne : 70 m Terrains aménagés et fréquentés : 230 m ²	/	/	0,00175 + 0,00178 + 2,8 + 0,23 Soit 3,0335 personnes	/	/	Sérieux
PhD10	BLEVE d’un réservoir de CO ₂	Rivière : 5 300 m ² Falaise : 2 600 m ² Rue Quai Ouest : 15 m Route de la Montagne : 115 m Moitié Bâtiment CILAM Parking CILAM : 160 m ² Terrains aménagés et fréquentés : 1 100 m ²	Rivière : 180 m ²	/	0,0053 + 0,0026 + 0,06 + 4,6 + 25 + 0,16 + 1,1 Soit 30,92 personnes	Au plus 1 personne	/	Important

Tableau 21 : Synthèse des gravités des phénomènes dangereux

7.2. Cotation de la probabilité

7.2.1. Principe de la méthode d’analyse par arbre papillon

Cette méthode a pour objectif de présenter les différentes causes à l’origine de l’Evènement Redouté Central (ERC) considéré et les barrières de prévention ou de protection. Une telle approche permet de déterminer pour chaque phénomène dangereux sa probabilité d’occurrence.

L’analyse des causes et des conséquences est présentée sous forme d’arbre « papillon », qui permet de détailler, en amont, les causes et sous-causes possibles conduisant à l’évènement et, en aval, les conséquences ultimes en termes de phénomènes accidentels (incendie, explosion, etc.).

Cet arbre des causes/conséquences a pour objectif de formaliser et d’identifier :

- L’enchaînement des causes et des circonstances pouvant provoquer la libération d’un potentiel de danger (évènement redouté), en remontant jusqu’aux évènements élémentaires initiateurs ;
- Le déroulement des phénomènes physiques pouvant conduire à un accident majeur ;
- Les mesures de maîtrise des risques (MMR) et les barrières de prévention ou de protection existantes ou prévues sur l’installation qui permettent de détecter et limiter les conséquences du phénomène dangereux.

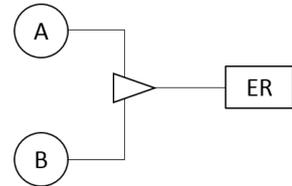
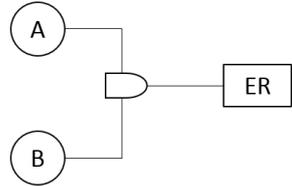
Les différentes causes sont représentées par des blocs et reliées entre elles par des portes logiques « ET » et « OU » en fonction de leurs interactions.

Les portes ET relient les évènements devant se produire simultanément pour provoquer l’évènement consécutif.

Les portes OU relient les évènements pouvant se produire indépendamment et ayant la même conséquence.

Le niveau de probabilité de l’évènement considéré dépend de la fréquence d’occurrence d’un ensemble particulier de circonstances, relatives à l’équipement identifié, aboutissant à des conséquences quantifiables.

Dans le cas de causes liées par des portes ET ou OU aboutissant à un évènement, les combinaisons de probabilité des conditions nécessaires à l’occurrence se font suivant les règles suivantes :

Porte	Schéma	Calcul de la probabilité
Porte « OU »		$P(ER) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$ <p>Or, d’après le théorème de Poincaré, le dernier terme peut être négligé, on a donc</p> $P(ER) = P(A) + P(B)$
Porte « ET »		$P(ER) = P(A) \times P(B)$

Les barrières de maîtrise des risques permettent de réduire la probabilité d’occurrence des phénomènes dangereux. Les barrières sont qualifiées par leur niveau de confiance (NC) qui représente la probabilité de défaillance à la sollicitation.

On rappelle que certaines barrières situées sont déjà intégrées dans les données probabilistes relatives à la fréquence d’occurrence de l’ERC et ne sont donc pas cotées.

Dans le cadre de cette étude, les barrières supplémentaires seront quant à elles étudiées et prises en compte dans chaque cas. En fonction de leur taux de défaillance, une « décote » de la probabilité d’occurrence des phénomènes dangereux pourra être réalisée.

Comme énoncé dans le paragraphe 4.1.3, un risque d’éboulement et plus particulièrement de chutes de blocs depuis la falaise située en limite ouest du site peut être source de dangers pour le site. Cette source de dangers est difficile à quantifier aussi bien en terme de gravité et de probabilité.

Ainsi, conformément à la circulaire du 10 mai 2000 relative à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d’installations classées pour la protection de l’environnement soumises à autorisation, il est seulement retenu une approche qualitative de la vulnérabilité du site vis-à-vis du risque de chute de pierres.

7.2.2. Echelle de probabilité

Les niveaux de probabilité sont ceux définis dans l’échelle de probabilité quantitative présentée en Annexe 1 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 des dangers des installations classées soumises à autorisation ».

Cette échelle est présentée dans le tableau ci-dessous :

Echelle de probabilité	E	D	C	B	A
Appréciation qualitative	« événement possible mais extrêmement peu probable » : n’est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d’années d’installations	« événement très improbable » : s’est déjà produit dans ce secteur d’activité mais a fait l’objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	« événement improbable » : un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d’activité ou dans ce type d’organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	« événement probable » : s’est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	« événement courant » : se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d’éventuelles mesures correctives.
Appréciation quantitative (par unité et par an)		10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²

Tableau 22 : Echelle de probabilité retenue pour l’analyse détaillée des risques

7.2.3. Evaluation de la probabilité des phénomènes dangereux

7.2.3.1. PhD4a : Rupture accidentelle sur le circuit BP en sortie du séparateur liquide dans la salle des machines

Le nœud papillon de ce scénario est le suivant :

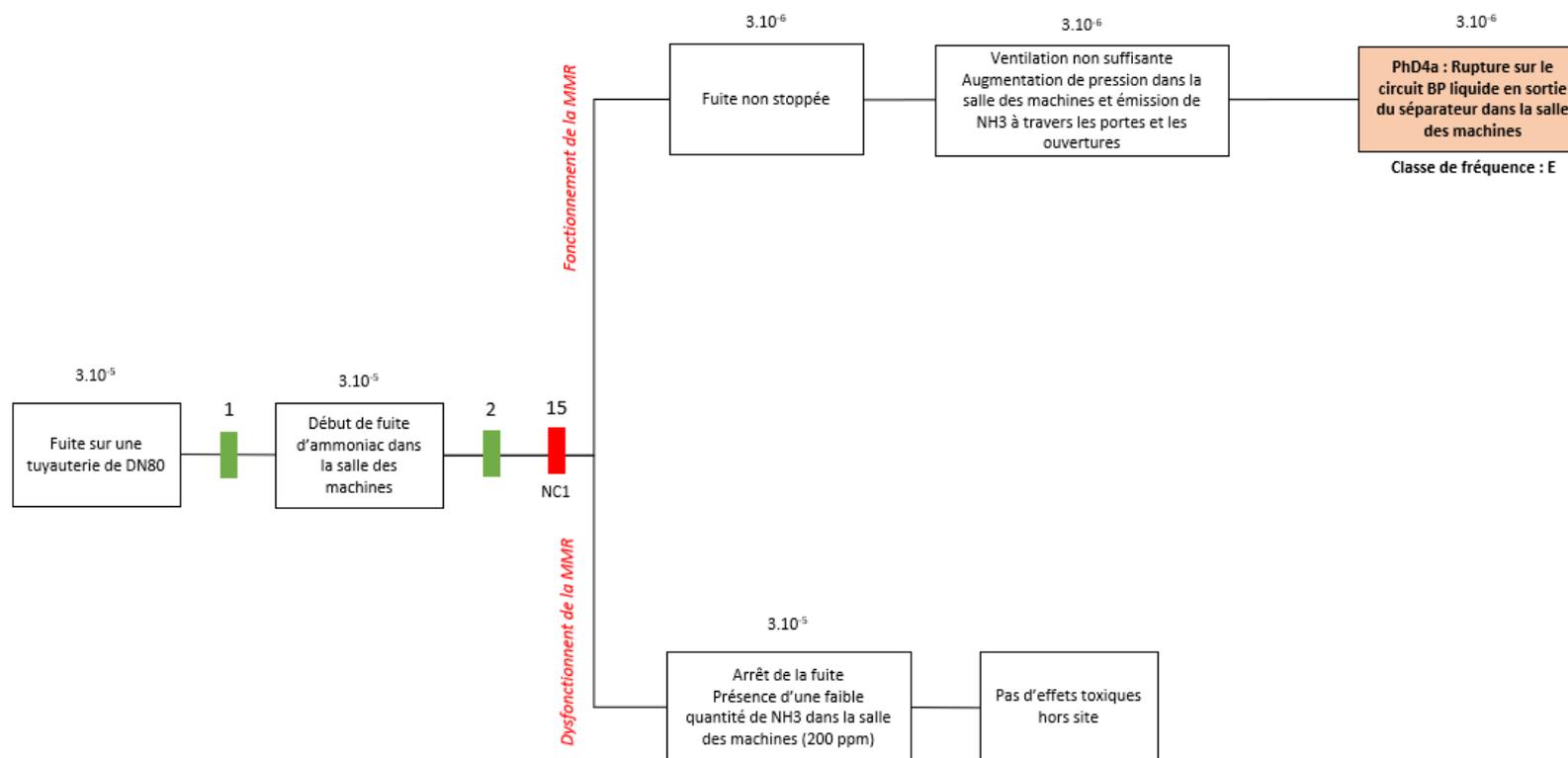


Figure 22 : Nœud papillon – PhD4a

Evénement initiateur	Probabilité d'occurrence	Justification/remarque	Source
Rupture d'une conduite de DN80	3.10^{-5}	Rupture franche de conduite non flexible de diamètre entre DN75 et DN150 : 3.10^{-7} / m de conduite / an. Il est estimé environ 100 m de conduite dans la salle des machines (hors toiture) L'événement a donc une fréquence de 3.10^{-5} / an	BEVI 2009 (ex Purple Book)

N° de la barrière	Type	Dénomination	Niveau de confiance retenu	Justification/remarque
1	Prévention	Maintenance périodique des équipements	-	Intégré à la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur
2	Prévention	Seuils de sécurité de 25 et 50 ppm déclenchant : <ul style="list-style-type: none"> • Sirène sonore de proximité • Voyant lumineux de proximité • Extraction d'air en petite vitesse dans la salle des machines • Envoi de SMS 	-	Barrière non valorisée car repose une intervention humaine d'arrêt de la fuite. L'efficacité de cette barrière peut être imparfaite en cas d'intervention humaine trop tardive
15	Protection MMR	Seuils de sécurité de 100 et 200 ppm déclenchant notamment : <ul style="list-style-type: none"> • La fermeture des 5 vannes de barrage arrêtant la fuite • L'arrêt de l'installation froid • L'extraction d'air en grande vitesse dans la salle des machines 	1	Valeur communément admise pour les asservissements liés à un automate. (Voir chapitre 8.2 pour justification du niveau de confiance)

7.2.3.2. PhD4b : Rupture accidentelle sur circuit HP en sortie d'un condenseur en toiture

Le nœud papillon de ce scénario est le suivant :

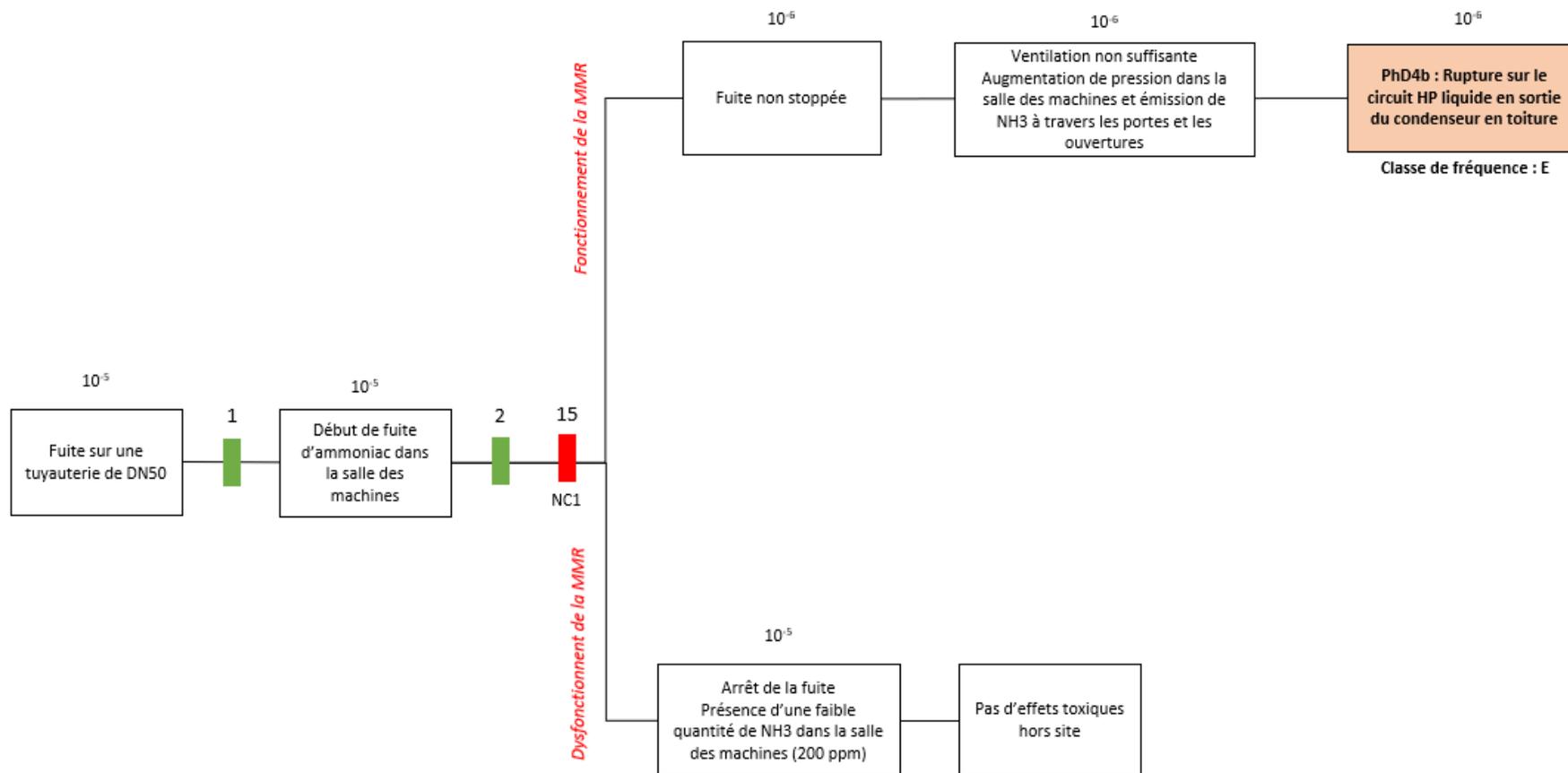


Figure 23 : Nœud papillon – PhD4b

Evénement initiateur	Probabilité d'occurrence	Justification/remarque	Source
Rupture d'une conduite de DN50	10 ⁻⁵	Rupture franche de conduite non flexible de diamètre inférieur à DN75 : 10 ⁻⁶ / m de conduite / an. Il est estimé environ 10 m de conduite au niveau des TAR (hors de la salle des machines). L'événement a donc une fréquence de 10 ⁻⁵ / an	BEVI 2009 (ex Purple Book)

N° de la barrière	Type	Dénomination	Niveau de confiance retenu	Justification/remarque
1	Prévention	Maintenance périodique des équipements	-	Intégré à la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur
2	Prévention	Seuils de sécurité de 25 et 50 ppm déclenchant : <ul style="list-style-type: none"> • Sirène sonore de proximité • Voyant lumineux de proximité • Extraction d'air en petite vitesse dans la salle des machines • Envoi de SMS 	-	Barrière non valorisée car repose une intervention humaine d'arrêt de la fuite. L'efficacité de cette barrière peut être imparfaite en cas d'intervention humaine trop tardive
15	Protection MMR	Seuils de sécurité de 100 et 200 ppm déclenchant notamment : <ul style="list-style-type: none"> • La fermeture des 5 vannes de barrage arrêtant la fuite • L'arrêt de l'installation froid • L'extraction d'air en grande vitesse dans la salle des machines 	1	Valeur communément admise pour les asservissements liés à un automate. (Voir chapitre 8.2 pour justification du niveau de confiance)

7.2.3.3. PhD5 : Fuite lors d'un dépotage de CO₂

Le nœud papillon de ce scénario est le suivant :

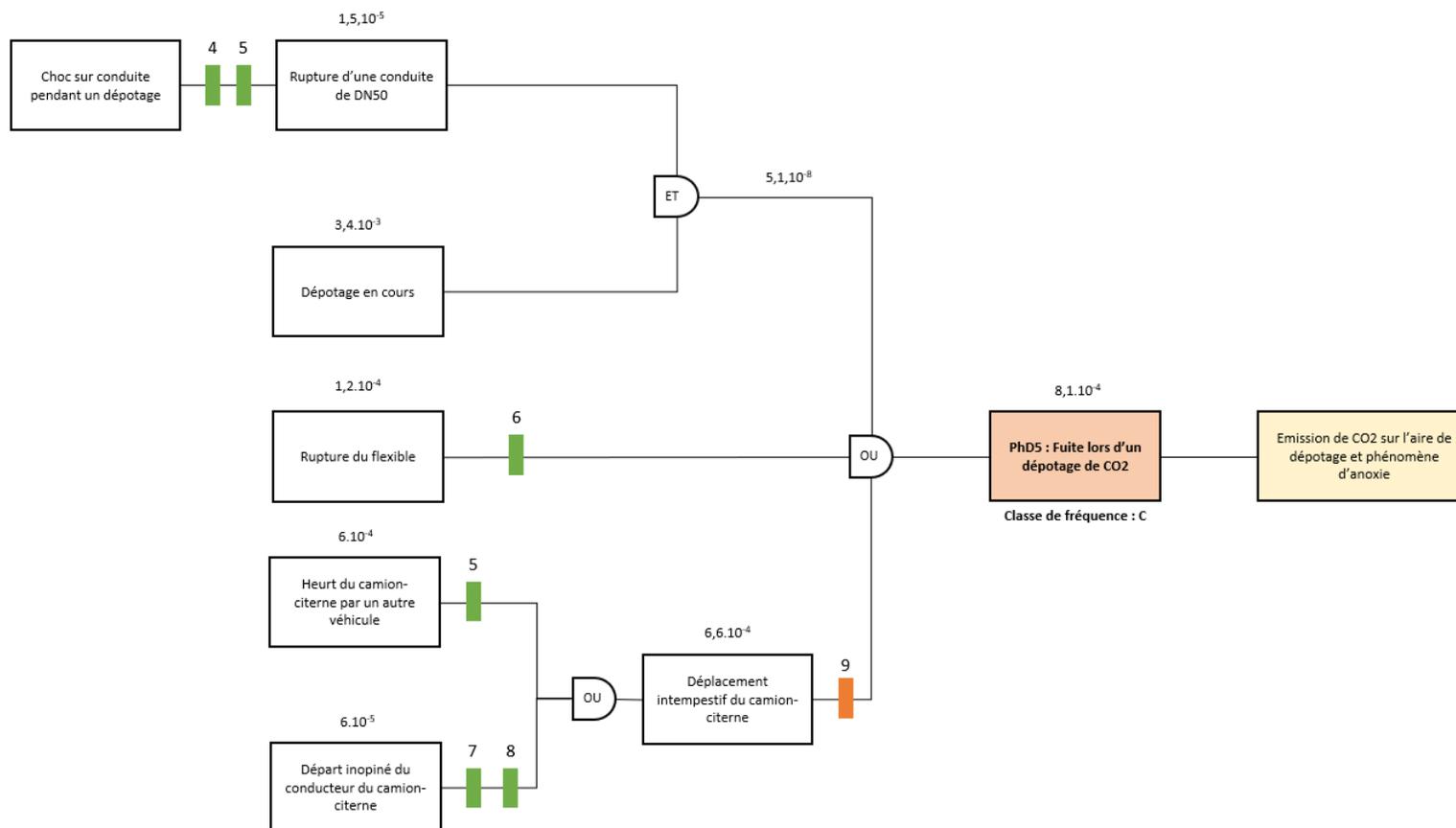


Figure 24 : Nœud papillon – PhD5

Evénement initiateur	Probabilité d'occurrence	Justification/remarque	Source
Rupture d'une conduite de DN50	$1,5 \cdot 10^{-5}$	Rupture franche de conduite non flexible de diamètre inférieur à DN75 : 10^{-6} / m de conduite / an. Il est estimé environ 15 m de conduite au niveau du réservoir et de la citerne. L'événement a donc une fréquence de $1,5 \cdot 10^{-5}$ / an	BEVI 2009 (ex Purple Book)
Dépotage en cours	$3,4 \cdot 10^{-3}$	Environ 60 dépotages de 30 minutes chacun. Soit 30 h de dépotage annuel. L'événement a donc une fréquence de $30 / (365/24) = 3,4 \cdot 10^{-3}$ / an	Donnée Brasseries de Bourbon
Rupture du flexible	$1,2 \cdot 10^{-4}$	Rupture d'un flexible : $4 \cdot 10^{-6}$ / h Avec 30 h de dépotage annuel, l'événement a une fréquence de $1,2 \cdot 10^{-4}$ / an	BEVI 2009 (ex Purple Book)
Heurt du camion-citerne par un autre véhicule	$6 \cdot 10^{-4}$	Un heurt du camion-citerne par un autre véhicule est un scénario très improbable. Il s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité. Sa fréquence est donc de 10^{-5} / opération, soit une fréquence globale de $6 \cdot 10^{-4}$ (60 dépotages)	Estimation AnteaGroup/ Brasseries de Bourbon
Départ inopiné du conducteur du camion-citerne	$6 \cdot 10^{-5}$	Un départ inopiné du conducteur du camion-citerne est un scénario possible mais extrêmement peu probable. Il n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations. Sa fréquence est donc de 10^{-6} / opération, soit une fréquence globale de $6 \cdot 10^{-5}$ (60 dépotages)	Estimation AnteaGroup/ Brasseries de Bourbon

N° de la barrière	Type	Dénomination	Niveau de confiance retenu	Justification/remarque
4	Prévention	Plan de prévention pour travaux d'entreprises extérieures	-	Intégré à la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur
5	Prévention	Plan de circulation	-	Intégré à la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur
6	Prévention	Remplacement périodique des flexibles	-	Intégré à la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur
7	Prévention	Blocage des freins du camion et/ou alarme en cas de mouvement du camion	-	Intégré à la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur
8	Prévention	Protocole de chargement	-	Intégré à la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur
9	Protection	Système anti-arrachement	0	Barrière non valorisée

7.2.3.4. PhD8 : Explosion du corps de chauffe d'une chaudière

Le nœud papillon de ce scénario est le suivant :

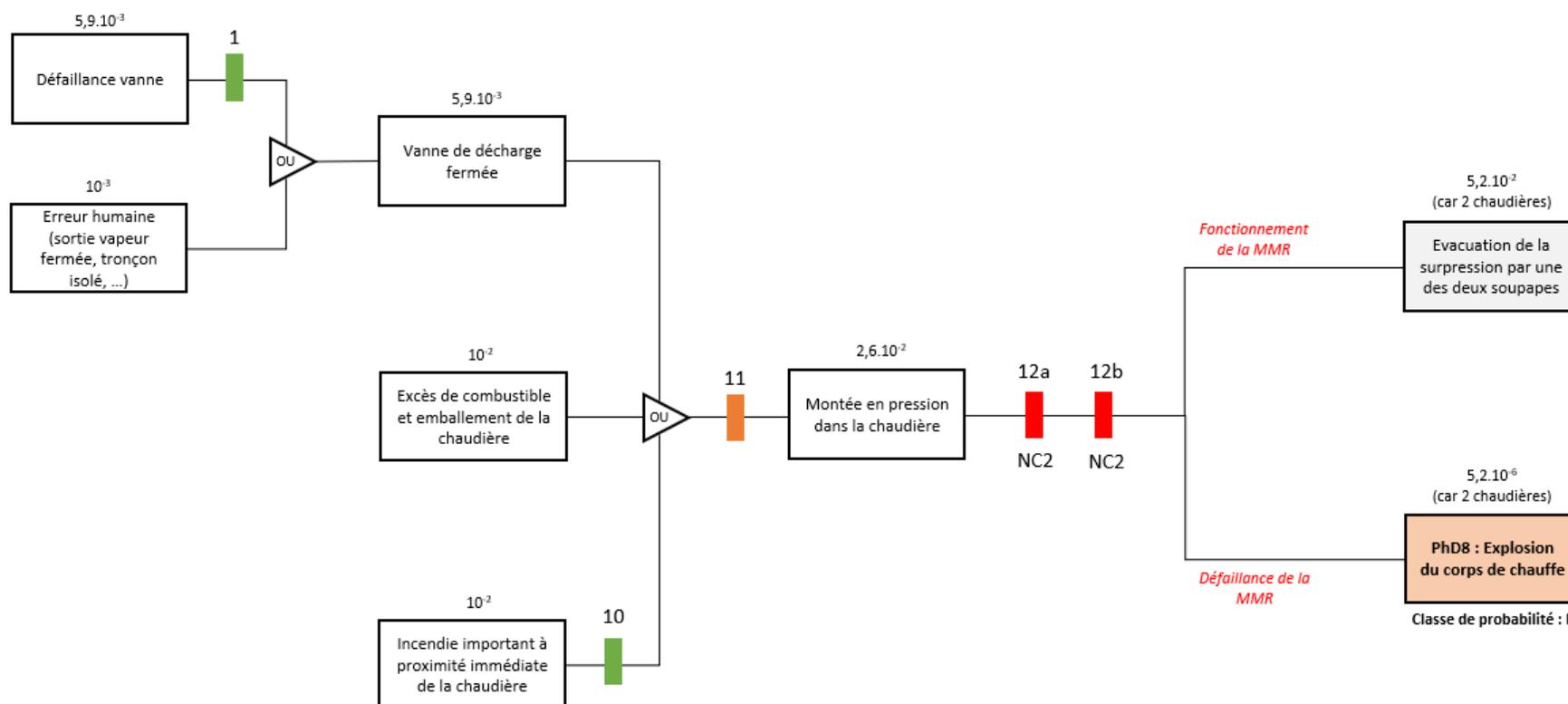


Figure 25 : Nœud papillon – PhD9

Événement initiateur	Probabilité d'occurrence	Justification/remarque	Source
Défaillance vanne	$4,9.10^{-3}$	Défaillance de la vanne de sortie vapeurs. Défaillance d'une électrovanne : $1,35.10^{-6}/h$ (EIRéDA). Pour un an de fonctionnement (3 600 h), la probabilité de défaillance est de $4,9.10^{-3}$	INERIS EAT-DRA34- Opération j – Partie 2
Erreur humaine (sortie vapeur fermée, tronçon isolé, ...)	10^{-3}	La probabilité d'une erreur humaine est estimée entre 10^{-1} et 10^{-3} . Ici, la probabilité retenue est 10^{-3} (procédure de routine, bien entraîné, sans stress ni fatigue).	INERIS EAT-DRA34- Opération j – Partie 2
Excès de combustible et emballement de la chaudière	10^{-2}	Un excès de combustible et emballement de la chaudière est possible mais peu probable au vu du mode d'alimentation des chaudières. Cette cause a tout de même été coté en tant qu'événement probable qui s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	Estimation AnteaGroup/ Brasseries de Bourbon
Incendie important à proximité de la chaudière	10^{-2}	Aucun incendie de grande ampleur n'a été identifié à proximité de la chaudière. Une fuite de GNR/JET et une source d'ignition est le seul événement possible (local chaufferie disposant de murs coupe-feu). Ce potentiel incendie a été coté en tant qu'événement probable qui s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	Estimation AnteaGroup/ Brasseries de Bourbon

N° de la barrière	Type	Dénomination	Niveau de confiance retenu	Justification/remarque
1	Prévention	Maintenance périodique des équipements	-	Intégré à la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur
10	Prévention	Détection par un opérateur suivi d'une intervention incendie	-	Intégré à la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur
11	Protection	Pressostat et régulation de la pression asservie à un arrêt d'urgence de l'installation	0	Barrière non valorisée
12a	MMR Protection	1 ^{er} soupape de sécurité pression	NC2	Valeur communément admise dans les études de dangers pour une barrière passive
12b	MMR Protection	2 ^{ème} soupape de sécurité pression, indépendante de la 1 ^{er}	NC2	Valeur communément admise dans les études de dangers pour une barrière passive

7.2.3.5. PhD10 : BLEVE un réservoir de CO₂

Le nœud papillon de ce scénario est le suivant :

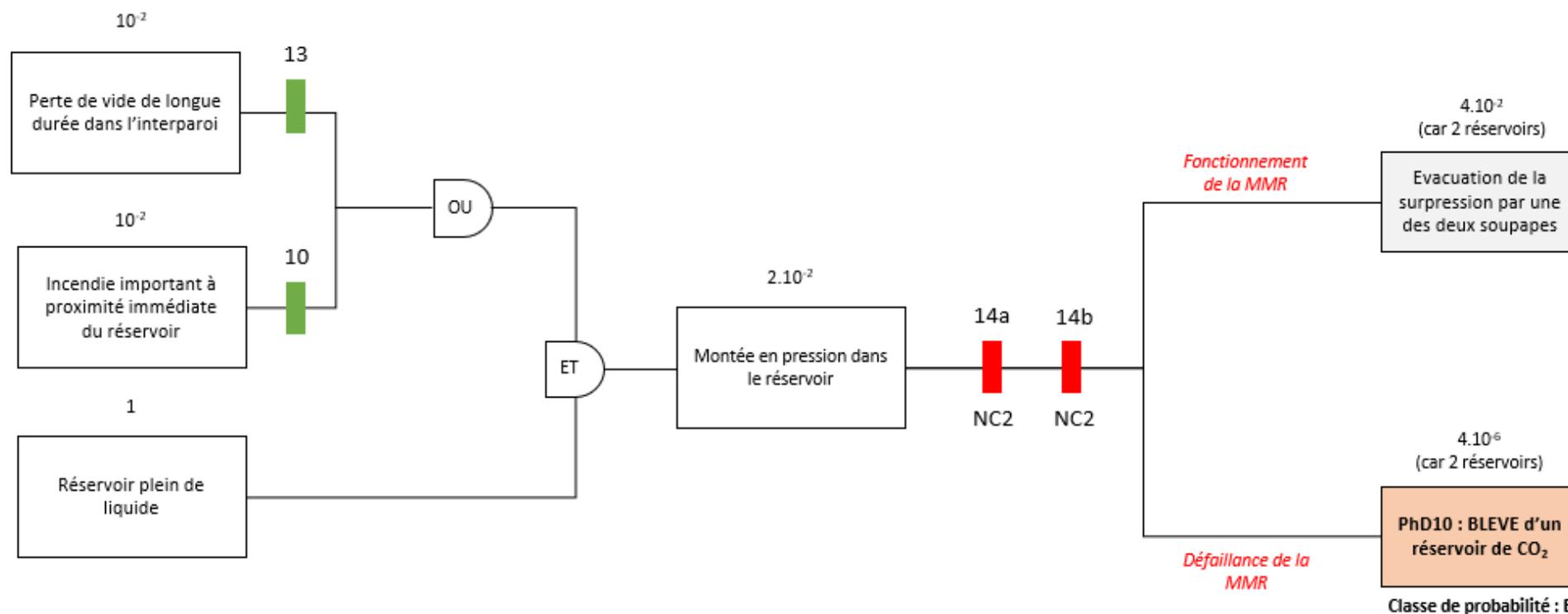


Figure 26 : Nœud papillon – PhD7

Événement initiateur	Probabilité d'occurrence	Justification/remarque	Source
Perte de vide de longue durée dans l'interparoi	10 ⁻²	Événement probable qui s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations	Retour d'expérience AnteaGroup
Incendie important à proximité d'un réservoir	10 ⁻²	Aucun incendie de grande ampleur n'a été identifié à proximité des réservoirs de CO ₂ . Ce potentiel incendie a été coté en tant qu'événement probable qui s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	Estimation AnteaGroup/ Brasseries de Bourbon
Réservoir non plein de liquide	1	Cas en situation normal	/

N° de la barrière	Type	Dénomination	Niveau de confiance retenu	Justification/remarque
13	Prévention	Procédure de détection visuelle de présence de givre (dégivrage de l'installation)	-	Intégré à la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur
10	Prévention	Détection par un opérateur suivi d'une intervention incendie	-	Intégré à la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur
14a	MMR Protection	1 ^{er} soupape de sécurité pression	NC2	Valeur communément admise dans les études de dangers pour une barrière passive
14b	MMR Protection	2 ^{ème} soupape de sécurité pression, indépendante de la 1 ^{er}	NC2	Valeur communément admise dans les études de dangers pour une barrière passive

7.3. Cotation de la cinétique

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* précise les exigences en termes d'évaluation et de prise en compte de la cinétique des phénomènes dangereux et des accidents.

La cinétique de déroulement d'un accident est qualifiée de lente si elle permet la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes, dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux.

Dans le cas contraire, la cinétique de déroulement d'un accident majeur est qualifiée de rapide.

En effet, la finalité de la prise en compte de la cinétique est notamment de permettre la planification et le choix des éventuelles mesures à prendre à l'extérieur du site pour la protection des populations et de l'environnement.

Pour les incendies et les phénomènes d'explosion, conformément aux préconisations du « guide de maîtrise des risques technologiques dans les dépôts de liquides inflammables – version octobre 2008 », la cinétique est considérée comme rapide (phénomènes dangereux à développement instantané).

Pour les scénarios de dispersion toxique, les événements étant soudain la cinétique est considérée comme rapide.

7.4. Hiérarchisation et gestion des risques

La circulaire du 10 mai 2010 et l’arrêté du 26 mai 2014 établissent une grille dite d’acceptabilité ou de criticité qui a pour finalité de fournir une indication de la compatibilité de l’établissement avec son environnement.

Tous les phénomènes dangereux ayant des effets sur la vie humaine en dehors des limites du site doivent figurer dans cette matrice suivant leurs couples « probabilité / gravité ».

Notons que cette circulaire et la grille de criticité associée sont applicables aux établissements soumis aux dispositions de l’arrêté du 26 mai 2014 (établissement SEVESO).

Elle n’est donc pas applicable au site. A titre indicatif la matrice peut également être utilisée pour l’ensemble des installations classées mais sans obligation réglementaires.

Ainsi, la matrice de criticité appliquée au site est présentée ci-dessous. Les phénomènes dangereux n’ayant pas d’effets hors site sont absents de cette matrice.

Gravité des conséquences sur les personnes	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux	PhD4a				
Catastrophique	PhD4b				
Important	PhD10				
Sérieux	PhD8		PhD5		
Modéré					

Tableau 23 : Grille d’acceptabilité des phénomènes dangereux

Les niveaux de criticité sont rappelés ci-dessous :

Couleur	Critères d’appréciation de la démarche de réduction du risque à la source
NON	Pour une installation existante, dûment autorisée, il convient de demander à l’exploitant des propositions de mise en place, dans un délai défini par arrêté préfectoral, de mesures de réduction complémentaires du risque à la source qui permettent de sortir de la zone comportant le mot « NON »
MMR Rang 1	Il convient de vérifier que l’exploitant a analysé toutes les mesures de maîtrise du risque envisageables et mis en œuvre celles dont le coût n’est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus. Si le nombre total cumulé d’accidents situés dans l’ensemble des cases « MMR rang 2 » pour l’ensemble de l’établissement est supérieur à 5, il faut considérer le risque global comme équivalent à un accident situé dans une case « non rang 1 » (situation n°1) sauf si, pour les accidents excédant ce nombre de 5, le niveau de probabilité de chaque accident est conservé dans sa même classe de probabilité lorsque, pour chacun des scénarios menant à cet accident, la probabilité de défaillance de la mesure de maîtrise des risques de plus haut niveau de confiance s’opposant à ce scénario est portée à 1.
MMR Rang 2	Pour les ateliers et installations existant déjà le 29 septembre 2005 dans les établissements, on ne comptabilisera à ce titre que les accidents classés « MMR rang 2 » du fait du nombre de personnes exposées à des effets létaux, à l’exclusion des accidents classés « MMR rang 2 » en raison d’effets irréversibles.
Ni NON ni MMR	Le risque résiduel, compte tenu des mesures de maîtrise du risque, est modéré et n’implique pas d’obligation de réduction complémentaire du risque d’accident au titre des installations classées.

Le site génère donc :

- 8 phénomènes dangereux ne sortant pas des limites du site (PhD1, PhD2, PhD3, PhD6, PhD7, PhD9, PhD11, PhD12)
- 1 phénomène dangereux en zone verte dite acceptable (PhD8) ;
- 3 phénomènes dangereux en zone orange dite MMR rang 1 (PhD4b, PhD5, PhD10) ;
- 1 phénomène dangereux en zone orange dite MMR rang 2 (PhD4a).

Pour les scénarios en zone MMR, il convient de vérifier que le site a analysé toutes les mesures de maîtrise du risque envisageables et mis en œuvre celles dont le coût n’est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus.

➤ **PhD4 :**

Concernant le PhD4, la probabilité de l’évènement ne peut pas grandement être diminuée du fait de son positionnement en probabilité E.

Seul le niveau de gravité peut être ajusté :

- Par exemple, la réduction de la quantité d’ammoniac dans le circuit ou la séparation du circuit en 2 circuits indépendants, permettrait de réduire la gravité.
Ces solutions ont été envisagées par le site mais elles sont trop coûteuses. En effet, l’installation est historique et date de 1999. Il est impossible de modifier, de changer ou d’optimiser les circuits de la salle de machines à moindre coût. Il faudrait reconstruire une nouvelle salle des machines ammoniac ce qui demanderait un montant important et un terrain adéquat pour accueillir cette nouvelle salle, ce qui n’est pas le cas sur le site des Brasseries de Bourbon.
- L’augmentation du débit de ventilation a été envisagée mais le débit à atteindre afin d’évacuer l’ensemble de la quantité d’ammoniac est physiquement impossible.
- La mise en place d’un drainage de la nappe d’ammoniac dans la salle des machines via un système de rétention déporté a également été envisagé.
- La salle des machines dispose déjà d’un rideau sur la façade ouest de la salle des machines. Au vu du déroulement du scénario (évacuation de l’ammoniac par les portes), la mise en place de rideau d’eau supplémentaire pourrait permettre d’abattre plus efficacement les vapeurs d’ammoniac. Le site réfléchit à la possible extension du rideau d’eau existant.
- La présence de capotage en toiture de la salle des machines (PhD4b) permet de confiner une fuite d’ammoniac dans cette salle réduisant ainsi la gravité du phénomène.

Notons enfin que ces solutions ne supprimeraient pas le phénomène dangereux, qui, bien qu’ayant une gravité plus faible, impacterait toujours des tiers à proximité (notamment du fait de la présence de la route de la Montagne et d’habitations par-delà la falaise et la rivière).

Ainsi, le risque est réel mais il est maîtrisé au mieux par le site.

➤ **PhD5 :**

Pour le PhD5 lié au dépotage de CO₂ seuls des effets irréversibles sortent du site et ces derniers affectent uniquement la rivière Saint-Denis sans occupation humaine.

De plus, les moyens mis en place par le site pour diminuer le risque sont suffisants (Plan de prévention, surveillance permanente du chargement avec bouton d’arrêt d’urgence, remplacement périodique des flexibles, système anti-arrachement, ...).

Le risque principal est une rupture ou un arrachement du flexible de dépotage. Ce point critique est bien identifié par le site, les opérateurs ainsi que le chauffeur.

Ainsi, le risque réel est très faible.

➤ **PhD10 :**

Pour le PhD10, la probabilité de l’évènement est déjà faible (E). Le scénario de BLEVE est très peu probable.

Il peut être déclenché par un incendie à proximité mais aucun scénario d’incendie n’a été identifié à proximité des deux réservoirs. Aucun effet domino thermique majeur n’est donc à prévoir.

Un incendie de plus faible ampleur (incendie de bâtiment ou de véhicule) est possible mais la durée nécessaire à l’apparition du BLEVE serait suffisamment grande pour permettre une intervention des pompiers.

De plus, les réservoirs de CO₂ liquéfié disposent d’une double-enveloppe isolé sous vide et d’une capacité d’absorption thermique importante (liquide à -17°C). Cela limite les cas d’échauffement du liquide.

Le niveau de gravité Important de ce scénario est dû aux effets létaux qui sortent du site sur 180 m² de la rivière Saint-Denis sans occupation humaine.

Le niveau de gravité est également dû au bâtiment CILAM au nord du site. Cependant, la cartographie des effets est tracée sans prendre en compte les différents obstacles entre les réservoirs et la CILAM. En réalité, les bâtiments de la Brasserie empêcheraient l’onde de surpression d’atteindre la CILAM.

Ainsi, le risque réel est très faible.

Ainsi, même si le positionnement dans la matrice est donné à titre indicatif (site non SEVESO), les phénomènes dangereux liés au projet sont considérés comme étant acceptable au sens de la circulaire du 10 mai 2010 et de l’arrêté du 26 mai 2014.

Pour rappel, cette matrice n’est pas applicable réglementairement.

8. Caractérisation des Mesures de Maitrises des Risques

L’ensemble des barrières valorisées sur les arbres papillons (barrières pour lesquelles ont été attribuées un niveau de confiance) sont qualifiées en tant que MMR (Mesures de Maîtrise des Risques).

Ces MMR sont présentées dans un tableau synthétique permettant de vérifier que, conformément à l’arrêté du 29 septembre 2005, elles sont bien :

- Efficaces,
- Testables,
- Maintenables,
- Adaptées en terme de cinétique vis-à-vis de la cinétique du phénomène dangereux,
- Indépendantes du phénomène dangereux.

Critères	Objectifs
Efficacité	L’aptitude de la barrière de sécurité à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie, dans son contexte d’utilisation et pendant une durée donnée de fonctionnement L’évaluation de l’efficacité repose sur les principes de dimensionnement adapté (conception basée sur des normes standards reconnus et dimensionnement basé les conditions de fonctionnement du site et prise en compte des évènements redoutés à maîtriser) et de résistance aux contraintes spécifiques (environnement, produit(s) utilisé(s), exploitation, effet du phénomène).
Cinétique	Le temps de réponse correspond à l’intervalle de temps entre le moment où une barrière de sécurité, dans un contexte d’utilisation, est sollicitée et le moment où la fonction de sécurité assurée par cette barrière de sécurité est réalisée dans son intégralité. Le temps de réponse de la barrière doit être en adéquation avec la cinétique du phénomène qu’elle doit maîtriser, c’est-à-dire qu’il doit être significativement inférieur à la cinétique. Ce temps de réponse dépendra de l’implantation des barrières et de la configuration de l’installation.
Testabilité	Tester la barrière afin de vérifier si la fonction de sécurité pour laquelle elle a été mise en place est bien réalisée. Tester la barrière et ses asservissements.
Maintenance	Garantir le maintien des performances de la barrière dans le temps (opérations d’entretien ou opérations lourdes amenant à l’indisponibilité de la barrière). Périodicité en fonction du constructeur, des REX, des agressions liées à l’environnement et au procédé...
Indépendance	La barrière de sécurité doit être indépendante de l’évènement initiateur. Ses performances ne doivent pas être dégradées par l’occurrence de l’évènement initiateur.

Tableau 24 : Critères d’évaluation des MMR

Neuf MMR ont été identifiées et valorisées dans l’étude. Les tableaux ci-après synthétisent leur évaluation.

8.1. Barrières n° 12 et n°14 : Présence de soupapes de sécurité (Soupape indépendante n°1 et soupape indépendante n°2)

MMR : Présence de soupapes de sécurité		PhD7
Critères de performance	Positionnement	Justification
Efficacité / dimensionnement adapté	Efficace	L'efficacité de la soupape est liée à sa conception. Le dimensionnement, le positionnement et le montage de la soupape sont adaptés à l'accident que l'on souhaite maîtriser.
Cinétique / Temps de réponse	Adaptée (immédiat)	La cinétique d'ouverture est instantanée.
Testabilité	Testée	Test lors de la mise en service
Maintenabilité	Vérifiée	Maintenance et vérification régulière Remplacement périodique des soupapes
Indépendance	Oui	Indépendante
Détermination du niveau de confiance	Positionnement	Justification
Soit un niveau de confiance de	NC2	<i>Rapport INERIS (mai 2018) - N° DRA-17-164432-10199b Évaluation de la performance des Barrières techniques de sécurité - Omega 10 (chapitre 5 - dispositif passif)</i>

Tableau 25 : MMR – Soupapes de sécurité

8.2. Barrière n° 15 : Fermeture automatique des vannes d'ammoniac et arrêter de l'installation froid suite à détection gaz

MMR : Fermeture automatique des vannes d'ammoniac et arrêter de l'installation froid suite à détection gaz		PhD4a / PhD4b
Critères de performance	Positionnement	Justification
Efficacité / dimensionnement adapté	Efficace	Fermeture des vannes confinant l'ammoniac dans le circuit du groupe froid
Cinétique / Temps de réponse	Adaptée (immédiat)	La fermeture est immédiate (1 s)
Testabilité	Testée	Test lors de la mise en service et lors de maintenance
Maintenabilité	Vérifiée	Maintenance et vérification régulière
Indépendance	Oui	Indépendante
Détermination du niveau de confiance	Positionnement	Justification
Estimation de la tolérance aux anomalies matérielles	1	Cette tolérance s'assimile à la présence ou non de redondance. La salle des machines possède 4 détecteurs NH3.
Dispositif validé par l'usage	Oui	Dispositif de fermeture de vannes et d'arrêt de l'installation présent sur de nombreux site industriel.
Fréquence de sollicitation du dispositif	Faible sollicitation	La fréquence des sollicitations n'est pas supérieure à une par an (fuite NH3 rare)
Comportement sur défaut du dispositif	Capacité de diagnostic	Vanne à sécurité positive en cas de dysfonctionnement.
Nature du dispositif	Système simple	Système programmable SIL 1
Soit un niveau de confiance de	NC1 (SIL 1)	<i>Rapport INERIS (mai 2018) - N° DRA-17-164432-10199b Évaluation de la performance des Barrières techniques de sécurité - Omega 10 (chapitre 4)</i>

Tableau 26 : MMR – Fermeture automatique des vannes d'ammoniac

9. Description des moyens de prévention et de protection

9.1. Moyens de prévention des risques

9.1.1. Mesures organisationnelles de maîtrise des risques

De mesures dites organisationnelles sont présentes sur le site pour limiter et maîtriser les risques. On retrouve notamment :

- Les certifications ISO et les normes du site (ISO 9 001, 14 001, 45 001),
- Les formations du personnel (risque incendie, risque électrique, utilisation de produits dangereux, conduite à tenir en cas d'accident ou de sinistre, ...),
- Les consignes d'exploitations,
- La maîtrise du risque lié aux phases de maintenance et de travaux (permis feu, intervention extérieure, démarche ATEX, ...),
- La sécurité des installations (surveillance du site, gardiennage, ...),
- Système de remontée et de gestion des situations dangereuses et des incidents.

9.1.2. Mesures générales contre le risque incendie

Les dispositions mises en œuvre vis-à-vis du risque incendie sont détaillées dans les lignes suivantes :

- Consignes de sécurité. Les zones à risques particuliers sont clairement identifiées par des pictogrammes explicites,
- Interdiction de fumer dans les locaux,
- Procédure d'arrêt d'urgence et mise en sécurité de l'installation (électricité, réseaux, fluides),
- Etablissement d'un plan de prévention intégrant un permis de feu pour les travaux par point chaud (Point « Life saving rules » de Heineken),
- Affichage de plan d'évacuation aux différentes issues des bâtiments, éclairage de secours,
- Installations électriques conçues et maintenues conformément à la réglementation en vigueur : rapport de contrôles périodiques annuels tenus à disposition sur site,
- Mise à la terre des équipements et protection foudre adaptée,
- Dispositions constructives avec présence de murs coupe-feu,
- Détection incendie,
- Formation du personnel : Une formation à la sécurité est dispensée à tous les salariés évoluant sur le site.

9.1.3. Mesures générales contre le risque d'explosion

Les dispositions mises en œuvre vis-à-vis du risque d'explosion sont les suivantes :

- Mesures de prévention du risque incendie (cf. liste précédente),
- Zonage des Atmosphères Explosives (ATEX) au niveau des zones à risques (salle ammoniac, zone de manipulation de céréales, ...),
- Permis spécifique pour intervenir en zone ATEX,
- Contrôle périodique des équipements.

9.1.4. Mesures générales contre le risque pollution

Les produits dangereux recensés sont localisés au niveau des emplacements suivants :

- Au niveau des 2 réservoirs aériens de GNR/JET. Ces réservoirs sont double enveloppe. En cas de fuite dans la 1ère enveloppe une alarme sonore est déclenchée dans le bureau des machinistes. Cette alarme est reportée sur les téléphones des machinistes (SMS) ;
- Au niveau du poste de dépotage GNR/JET. Ce poste dispose d'une aire étanche avec collecte en point bas des égouttures ;
- Au niveau des armoires de stockages extérieures pour le stockage des produits de nettoyage de gros volume de type GRV. Ces armoires disposent de leur propre rétention ;
- Dans les bâtiments de procédé pour le stockage des produits de nettoyage de petits volumes. Ces produits sont stockés dans des petites armoires de stockage sur rétention. Il s'agit principalement d'acides et de sodes nécessaires au nettoyage des cuves de mélange et des bouteilles. Ces opérations de nettoyage se déroulent à l'intérieur des bâtiments. A noter également que les bâtiments ont été conçus sur des dalles béton de l'enrobé de manière à constituer une barrière physique aux déversements accidentels.
- La zone de stockage de lubrifiants et d'huiles. Ces stockages sont sous rétention.

Le site est entièrement imperméabilisé et dispose de deux vannes de sectionnement afin de confiner sur site une éventuelle pollution majeure.

9.2. Moyens de protection

9.2.1. Organisation des moyens de secours en cas d'accident

L'équipe de secours du site formée de 5 personnes, est régulièrement formé aux règles d'intervention et à la mise en œuvre du matériel de protection incendie

Le personnel du site est formé sur la sécurité incendie et la manipulation des extincteurs.

Les Brasseries de Bourbon disposent d'un plan d'organisation dans le but d'aider l'organisation des secours en cas d'accident majeur (incendie, explosion, fuite importante de produit dangereux). Il est mis à jour tous les 2 ans ou lors de changements importants au niveau du site.

9.2.2. Moyens de détection incendie

Le site remis à jours son système SSI (Système de sécurité incendie) en avril 2021.

Les plans du système SSI sont disponibles sur le site. On y retrouve notamment la localisation des :

- détecteurs thermovélocimétriques,
- détecteurs optique de fumée,
- détecteurs optique de fumée,
- boutons de déclenchement manuel d'alarme,
- zonages ATEX.

9.2.3. Moyens de lutte incendie

Les moyens de lutte incendie sont les suivants :

- 68 extincteurs répartis sur le site suivant les risques (eau, CO₂, poudre),
- 11 robinets d’incendie armés (RIA),
- 1 poteau et 1 bouche incendie délivrant un débit de 75 et 130 m³/h.

Les moyens incendie sont alimentés via le réseau public.

Une vérification annuelle des moyens de protection contre l’incendie est réalisée par un organisme agréé.

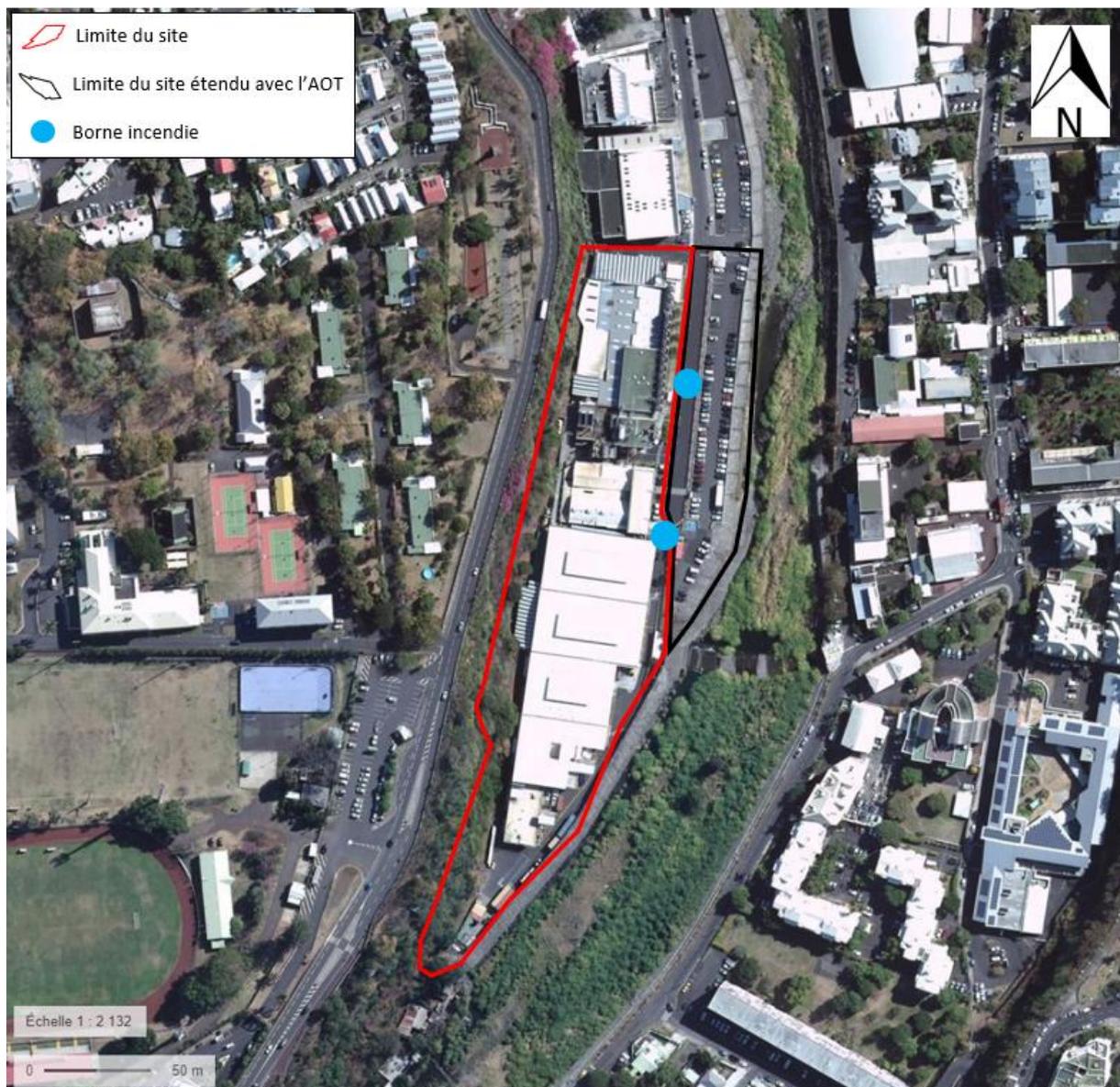


Figure 27 : Localisation des bornes incendie

9.2.4. Moyens de lutte contre une pollution

Le site dispose de deux vannes de sectionnement afin de confiner sur site une éventuelle pollution majeure.

Une société agréée pourra ensuite pomper et éliminer cette pollution.

9.2.5. Dimensionnement des besoins en eau d’extinction

9.2.5.1. Evaluation des besoins en eau – Incendie de solides

Pour évaluer les besoins en eau incendie la méthode définie dans le document technique D9 intitulé « Défense extérieure contre l’incendie – Guide pratique pour le dimensionnement des besoins en eau », développée par le CNPP, la FFSA et l’INESC¹⁹ dans sa version de juin 2020 est utilisée. La méthode a été développée pour les habitations, bureaux et immeubles de grande hauteur, les établissements recevant du public et les risques industriels.

Les incendies pouvant avoir lieu sur le site sont localisés au niveau du hall logistique et de la zone de dépotage de GNR/JET (l’incendie de liquide inflammable sera traité dans le chapitre suivant).

Comme démontré plus haut dans l’étude, l’incendie du hall logistique n’entraîne pas d’effet domino pouvant initier un nouvel incendie. Des effets dominos (SELS) sont observés uniquement au niveau des portes de la façade sud. Ces effets sont limités à 1 ou 2 m. Aucun stockage ou zone d’activité n’est présente dans ces zones de passages.

Les paramètres importants pour dimensionner les besoins en eau d’un site sont les suivants :

Incendie de la zone nord	Hall logistique
Hauteur de stockage	< 3m
Type de construction et sa résistance au feu	De manière dimensionnante, il est retenu le cas le plus pénalisant : Ossature stable au feu < 30 min (type bardage métallique)
Présence de matériaux aggravant	Non
Type d’intervention internes	Détection incendie reportée avec le Système de Sécurité Incendie (SSI) du site
Surface de la zone	1 450 m ²
Niveau de risque (annexe 1 du D9)	Risque 2 (stockage) Fascicule L-05
Zone sprinklée	Non

La feuille de calcul est présentée en Annexe IV. Le débit nécessaire pour éteindre cet incendie généralisé est de 120 m³/h.

¹⁹ CNPP : Centre National de Prévention et de Protection
 FFSA : Fédération Française des Sociétés d’Assurances
 INESC : Institut National d’Etudes de la Sécurité Civile

9.2.5.2. Evaluation des besoins en eau – Incendie de liquides inflammables

Le dimensionnement a été réalisé selon la méthodologie présentée en annexe 5 et 6 de l'arrêté ministériel du 03/10/2010 relatif au stockage en réservoirs aériens manufacturés exploités au sein d'une installation classée soumise à autorisation au titre de l'une ou plusieurs des rubriques n° 1436, 4330, 4331, 4722, 4734, 4742, 4743, 4744, 4746, 4747 ou 4748, ou pour le pétrole brut au titre de l'une ou plusieurs des rubriques n° 4510 ou 4511 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

Ce dimensionnement est réalisé pour l'incendie de liquide inflammable de plus grande ampleur sur le site. Il s'agit de l'incendie généralisé du poste de dépotage gasoil et de la rétention de la cuve de gasoil.

Pour la détermination des moyens en solution moussante et des réserves d'émulseur nécessaires à l'extinction d'incendies de liquides inflammables, les taux d'application d'extinction efficaces forfaitaires sont ceux fixés dans le tableau suivant :

Taux d'application d'extinction	Liquide inflammable non miscible à l'eau	Liquide inflammable miscible à l'eau
Stratégies de lutte contre l'incendie ne prévoyant pas l'intervention des services d'incendie et de secours		
Moyen d'application réalisant une application douce (notamment les déversoirs et boîtes à mousse)	4 l/m ² /min	4 l/m ² /min
Moyen d'application réalisant une application indirecte (par exemple projection avec canon ou lance sur le réservoir)	5 l/m ² /min	8 l/m ² /min
Moyen d'application réalisant une application directe (par exemple projection avec canon ou lance sans toucher le réservoir)	7 l/m ² /min	15 l/m ² /min
Stratégies de lutte contre l'incendie prévoyant l'intervention des services d'incendie et de secours		
Moyen d'application réalisant une application douce (notamment les déversoirs et boîtes à mousse)	4 l/m ² /min	4 l/m ² /min
Moyen d'application réalisant une application indirecte (par exemple projection avec canon ou lance sur le réservoir)	5 l/m ² /min	8 l/m ² /min

Tableau 27 : Taux d'application minimum

Pour la détermination des réserves minimales en émulseur et éventuellement des réserves en eau, les durées de la phase d'extinction sont les suivantes :

Type de moyens	Feu de réservoir	Feu de rétention ou de sous-rétention
Stratégies de lutte contre l'incendie ne prévoyant pas l'intervention des services d'incendie et de secours		
Moyens fixes ou semi-fixes	20 minutes	Réduction du flux thermique par application de mousse d'extinction le temps de réunir l'intégralité des moyens d'extinction ²⁰ + Extinction en 20 minutes
Moyens mobiles	20 minutes pour une surface de réservoir inférieure à 2 000 mètres carrés, plus 10 minutes par tranche de 1 000 mètres carrés de surface de réservoir	
Stratégies de lutte contre l'incendie prévoyant l'intervention des services d'incendie et de secours		
Moyens fixes	20 minutes	
Moyens semi-fixes ou mobiles	20 minutes pour une surface de réservoir, de rétention ou de sous-rétention inférieure à 2 000 mètres carrés, plus 10 minutes par tranche de 1 000 mètres carrés de surface de réservoir, de rétention ou de sous-rétention	

Tableau 28 : Durée des phases d'extinction

²⁰ Dépend de la cinétique de mise en place des moyens d'extinction

- Stratégie de lutte incendie :

Le site opte pour une stratégie de lutte contre l'incendie prévoyant l'intervention des services d'incendie et de secours. Ces derniers fournissent les besoins humains et matériels au site (hors réserve d'eau). Des échanges réguliers ont lieu entre les pompiers et le site.

- Type de liquides présent sur site :

Les liquides inflammables présents sur le site sont du gasoil (GNR) ou du kérosène (JET) qui sont non miscibles à l'eau.

- Taux d'application :

Pour les feux de rétention, le site envisage une application dite indirecte avec la projection via une lance incendie sur les réservoirs (la mousse peut s'écouler à la surface du liquide en feu, ce tapis de mousse formé n'agit pas le combustible et ne le contamine donc pas ; cas des liquides inflammables miscibles à l'eau).

Il est donc retenu un taux d'application de 5 l/m²/min.

- Durée d'extinction :

Le site prévoit une stratégie de lutte contre l'incendie prévoyant l'intervention des services d'incendie et de secours. Ainsi, la durée d'extinction sera de 20 minutes (surface inférieure à 1 000 m²).

- Effets dominos :

L'article 43-3-7 de l'arrêté du 03/10/2010 définit également le besoin en eau pour la protection des autres installations exposées à un flux thermique supérieur ou égal à 8 kW/m² et identifiées par l'étude de dangers comme pouvant générer un phénomène dangereux par effet domino :

- 1 litre par minute et par mètre carré de surface exposée
- ou 15 litres par minute et par mètre de circonférence de réservoir.

Les effets dominos de cet incendie affectent uniquement la cuve de gasoil dans la rétention. Cette cuve est supposée fuir pour alimenter l'incendie. De manière majorante nous allons tout de même considérer un besoin de refroidissement pour éviter une explosion.

- Type d'émulseurs :

Enfin, l'émulseur choisi doit être de classe de performance IA ou IB conformément aux normes NF EN 1568-1, NF EN 1568-2, NF EN 1568-3, ou NF EN 1568-4 (version d'août 2008).

La classe de performance de l'émulseur est régie selon la norme NF EN 1568-4 (émulseur polyvalent, classe 1A, concentration 3%).

Le tableau ci-dessous détaille les besoins en eau pour l’incendie de plus grande ampleur pouvant avoir lieu sur le site.

Phénomène dangereux	Surface en feu (m ²)	Réduction / Extinction	Taux réel (l/m ² /min)	Débit de solution moussante nécessaire (l/min)	Durée (min)	Quantité de solution moussante nécessaire (m ³)	Quantité d’eau nécessaire (m ³)	Quantité d’émulseur nécessaire (m ³) ²¹
Incendie généralisé du poste de dépotage GNR/JET et de la rétention de la cuve de GNR/JET	60	Extinction	5	300	20	6,0	5,8	0,18
		Effet domino	15l/min/m ² 1 cuve ²²	/	20	/	16,2	/
		Extinction + Effet domino	/	300	20	6,0	22,1	0,18

Tableau 29 : Evaluation des besoins en eau

Les besoins en eau pour faire face à l’incendie de liquide inflammable de plus grande ampleur sont donc les suivants :

- Débit d’extinction : 300 l/min soit 18 m³/h ;
- Débit de refroidissement des installations à proximité : 16,2 m³ sur 20 minutes soit 48,6 m³/h ;
- Quantité d’eau : 22,1 m³ ;
- Quantité d’émulseur : 0,18 m³.

9.2.5.3. Adéquation des besoins en eaux incendie

Le site dispose dans son emprise de 2 bornes incendie reliées au réseau communal. Ces bornes sont situées entre le parking et les cuves de stockage et au sud du bâtiment administratif et délivrent un débit de 75 et 130 m³/h.

Ces débits sont suffisants pour faire face aux incendies majorants pouvant avoir lieu sur le site.

Notons que le site ne dispose pas de stockage d’émulseur. Il envisage de mettre en place des réservoirs mobiles d’émulseur (type fûts ou GRV) pour atteindre au minimum le stockage requis de 0,18 m³.

²¹ Concentration en émulseur de 3 %

²² Taux de 15l/min/m² de circonférence de réservoir pour la cuve de 2,5 m de diamètre et 6,9 m de long

9.2.6. Dimensionnement des rétentions des eaux d’extinction

Le dimensionnement des rétentions des eaux d’extinction d’incendie a été effectué sur la base de la règle de calcul définie dans le document technique D9A de juin 2020. Cette méthode permet de calculer les volumes de rétention minimum des effluents liquides pollués afin de limiter les risques de pollution pouvant survenir après un incendie.

Les éléments à prendre en compte pour le calcul des volumes de rétention sont :

- le volume d’eau nécessaire pour les services extérieurs de lutte contre l’incendie.
- le volume d’eau nécessaire aux moyens de lutte intérieure contre l’incendie développé,
- le volume d’eau lié aux intempéries,
- le volume des liquides inflammables et non inflammables présents.

Le tableau ci-dessous détaille le volume des eaux à confiner établi pour les scénarios majorants :

		Feu de nappe	Incendie hall logistique	Commentaire
Besoins pour la lutte extérieure	Besoin en eaux calculé précédemment (besoin sur 2 h)	22,1 m ³	240 m ³	Besoin en eau + émulseur (feu de liquide) -- Besoin en eau sur 2h (D9)
Moyens de lutte intérieure contre l’incendie	Sprinklers	-	-	/
	Rideau d’eau	-	-	/
	RIA	-	-	/
	Mousse HF et MF	-	-	/
	Brouillard d’eau et autres systèmes	-	-	/
Volumes d’eau liés aux intempéries	10 l/m ² de surface de drainage	80 m ³	80 m ³	Zone de collecte des eaux pluviales se recoupant avec la zone d’incendie : ²³ 8 000 m ²
Présence stock de liquides	20 % du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume	12 m ³	-	Citerne de 30 m ³ + réservoir de 30 m ³ -- /
Volume total THEORIQUE à mettre en rétention		114,1 m³	320 m³	

A l’heure actuel, aucune zone de rétention n’est disponible pour collecter les eaux d’extinction incendie.

Il a donc été étudié une solution de création de bassin incendie pour collecter ces eaux.

²³ Le site dispose de deux rejets d’eau pluviales (Nord et Sud). La partie Nord n’est pas touchée par l’incendie, ainsi, la vanne de coupure du rejet Nord (voir ci-après) peut être laissée ouverte car aucune pollution n’est présente.

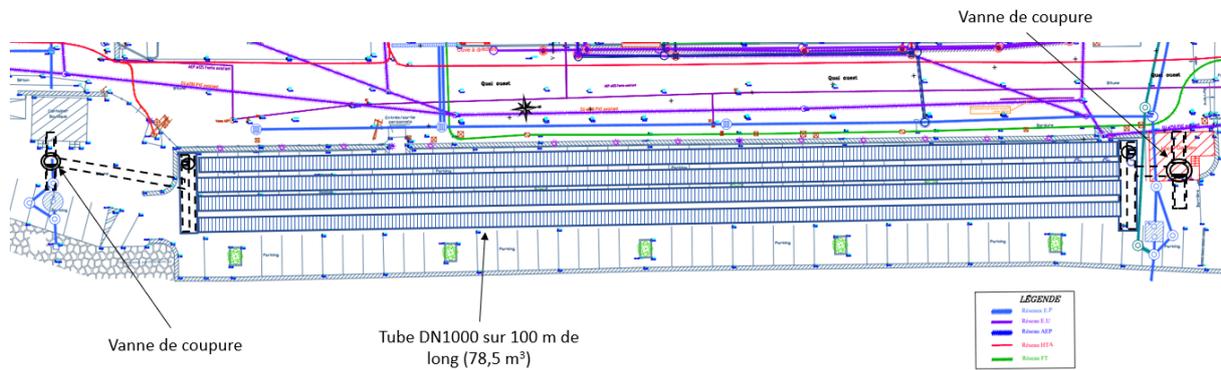
Les eaux pluviales du site arrivent en deux points au niveau de séparateurs. Il est proposé de mettre en place des vannes de coupure au niveau de ces séparateurs pour diriger les eaux vers des bassins enterrés en cas de pollution.

Le volume de la rétention est en majorité obtenue par 4 tubes annelés 1 000 mm sur 100 m de long ce qui représente 314 m³. A cela s'ajoute les 10 à 13 m³ au niveau de l'ouvrage de jonction qui est conçu pour permettre de récupérer des petites pollutions accidentelles sans solliciter tout le système. Le volume de rétention est donc d'au moins 334 m³.

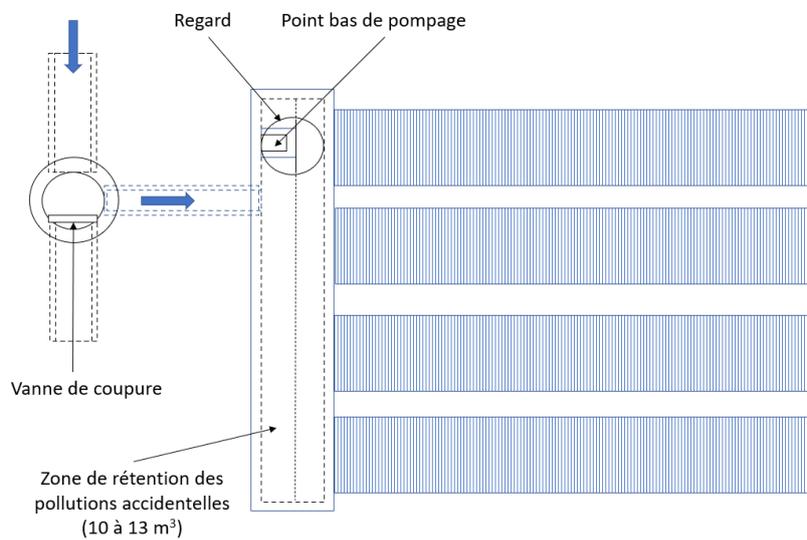
Le site étant existant et ancien, le terrain disponible pour la construction de ce « bassin » est très limité. La seule zone disponible est située en dessous du parking de véhicules légers du site. Cependant cette zone n'appartient pas au site mais fait l'objet d'une autorisation d'occupation temporaire (AOT).

Les Brasseries de Bourbon vont demander l'autorisation de réaliser ce type d'ouvrage.

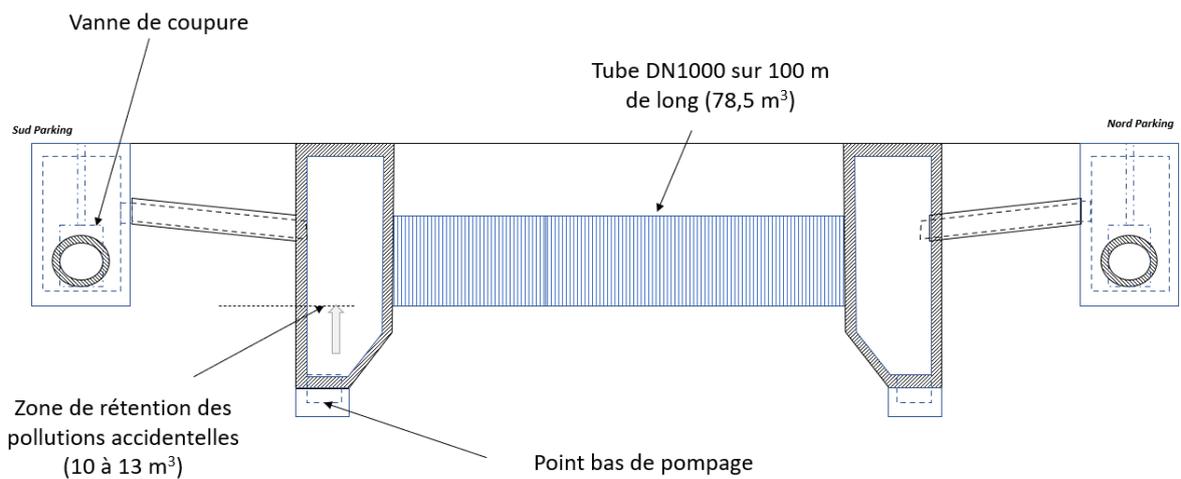
Les schémas suivants détaillent cette installation.



Vue du dessus



Vue du dessus (zoom)



Vue en coupe

Figure 28 : Projet de bassin de collecte des eaux incendie



ANNEXES

- Annexe I : Liste des produits dangereux utilisés sur le site
- Annexe II : Accidentologie externe
- Annexe III : Cartographies des zones d’effets
- Annexe IV : Dimensionnement des besoins en eau – D9

Annexe I : Liste des produits dangereux utilisés sur le site

Annexe II : **Accidentologie externe**

Annexe III : Cartographies des zones d’effets

Annexe IV : **Dimensionnement des besoins en eau – D9**



Références :

