



Département : Sécurité industrielle et environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène sécurité environnement

Spécialité : Sécurité industrielle environnement

Thème

Elaboration d'une méthodologie d'évaluation des risques au niveau de GL3/Z.

Présenté et soutenu publiquement par :

Zagaye Asmaa Mama et Ouazzane Chahinez

Devant le jury composé de :

| Nom et Prénom | Grade | Etablissement | Qualité |
|--------------------------------|--------------|----------------------|-------------------|
| Mme Aissani Nassima | MCA | IMSI | Présidente |
| Mr Guetarni Islam hadj Mohamed | MCB | IMSI | Encadreur |
| Mme Serat Fatima Zohra | MCB | IMSI | Examineur |

Année 2019/2020

Remerciements

Remerciements de Chahinez :

Je remercie avant tout, Dieu le tout Puissant de nous avoir donné tous les moyens et nous a dirigé vers ce qui est le meilleur pour nous tous ici-bas, ELHAMDOULI'ALLAH.

Je voudrais ensuite adresser toutes ma gratitude à l'encadreur de ce mémoire, Mr Guetarni Islam Hadj Mohamed, enseignant à l'institut de maintenance et de sécurité industrielle, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter nos réflexions.

Je remercie également les professeurs et enseignants de l'institut de maintenance et de sécurité industrielle, qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

Mes remerciements s'adressent ensuite aux membres du jury qui nous ont fait l'honneur de participer à notre soutenance.

Je ne peux oublier de remercier tous les membres de ma famille pour leurs soutiens et leurs encouragements.

Remerciements de Asmaa :

Tout d'abord nous remercions Dieu pour tout ce qu'il nous a procuré dans tout ce qu'on a entrepris dans notre vie tant de courage et de patience.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribuées de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, mes sincères remerciements vont à Mr Guetarni Islam Hadj Mohamed pour son encadrement, son orientation, ses conseils et la disponibilité qu'il nous a témoignée pour nous permettre de mener à bien ce travail.

Je remercie ensuite l'ensemble des membres du jury, qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir étudier avec attention mon travail

Enfin, mes remerciements s'orientent à ma famille pour leur soutien sans faille et qui m'ont toujours encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Dédicaces de Chahinez :

Je dédie ce modeste de travail à mes chers parents qui sont la source de ma réussite ainsi qu'à tout être cher dont son soutien m'a été bénéfique, en espérant être à la hauteur de leurs attentes.

Dédicaces de Asmaa :

A la mémoire de mon Père Allah Yerahmah.

A la prunelle de mes yeux ma mère qui m'a toujours soutenu et encouragé.

Résumé

Résumé

L'objectif de ce travail est de réaliser une analyse des risques technologiques par l'approche APR et HAZOP sur l'un des bacs de stockage GNL de l'unité de stockage et de chargement au sein du complexe GL3/Z (SONATRACH/ zone industrielle d'Arzew), ainsi qu'une modélisation des conséquences de plusieurs scénarios en utilisant le logiciel de simulation Phast 8.0.

D'un autre coté nous avons procédé à une analyse des risques professionnels par la méthode JSA (étude de cas).

Cette étude a donc comme but :

- Identifier et analyser les risques liés au stockage du GNL.
- Modéliser les conséquences engendrées par des scénarios pouvant touchés le bac de stockage.
- Estimer le niveau de risque résultant de chaque scénario.
- Identifier et analyser les risques professionnels liés à la réalisation d'une tâche au niveau du bac de stockage.
- Définir le lien entre risque technologique et risque professionnel.

Ainsi, Si le niveau de risque que ce soit technologique ou professionnel n'est pas considéré comme acceptable, quelques recommandations seront proposées afin améliorer la sécurité.

ABSTRACT

The objective of this work is to carry out a technological risk analysis using the PRA and HAZOP approach on one of the LNG storage tanks of the storage and loading unit within the GL3/Z complex (SONATRACH/ Arzew industrial zone), as well as a modeling of the consequences of several scenarios using the Phast 8.0 simulation software. On the other hand, we performed an occupational risk analysis using the JSA method (case study) for an occupational risk assessment.

The purpose of this study is therefore:

- To identify and analyze the risks related to the storage of LNG.
- Model the consequences generated by scenarios that could affect the storage tank.
- Estimate the level of risk resulting from each scenario.
- Identify and analyze the occupational risks related to the performance of a task in the

Résumé

storage tank.

- Define the link between technological risk and occupational risk.

Thus, if the level of risk, whether technological or occupational risk, is not considered acceptable, some recommendations will be proposed to improve security.

Table des matières

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Liste des abréviations.

Introduction générale..... 6

Chapitre 1 : Méthode d'analyse des risques 3

1.1 Textes règlementaires et normatifs 3

1.1.1 Réglementation algérienne 3

1.1.2 Réglementation européenne 5

1.1.3 Norme standard 5

1.1.4 Référentiels SONATRACH 6

1.2 Processus de l'appréciation des risques 6

1.2.1 Planification de l'appréciation 6

1.2.2 Gestion des informations et développement de modèles 6

1.2.3 Application des techniques d'appréciation du risque 7

1.2.4 Examen de l'analyse 7

1.2.5 Application des résultats à l'appui des décisions 8

1.3 Technique d'analyse des risques technologique 8

1.3.1 Analyse préliminaire des risques 8

1.3.2 La méthode HAZOP 10

1.4 Evaluation des risques professionnels 12

1.4.1 Définition 12

1.4.2 Les Étapes de l'EvRP 13

1.4.3 Les principes de l'EvRP 13

1.4.4 Avantages de l'EvRP 14

1.4.5 Le document unique 15

Chapitre 2 : Présentation du système étudié 17

2.1 Brève description du complexe 17

2.2 Cycle de production du GNL 19

2.3 Exploitation du système étudié 22

2.3.1 Généralité 22

2.3.2 Caractéristiques des réservoirs de stockage du GNL 23

2.3.3 Classification des réservoirs cryogéniques 24

2.3.4 Phénomènes liés aux stockages du GNL 26

Table des matières

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.4 | Exploitation du système étudié | 27 |
| 2.4.1 | Emplacement du bac | 27 |
| 2.4.2 | Installation du bac de stockage | 28 |
| 2.4.3 | Les équipements associés au bac de stockage | 29 |
| 2.4.4 | Moyen de détection | 30 |
| 2.4.5 | Moyens d'intervention | 30 |
| | Conclusion | 31 |
| Chapitre 3 : Application du HAZOP et APR sur le système | | 32 |
| 3.1 | Choix des méthodes d'analyse des risques utilisés dans notre étude | 32 |
| 3.2 | Choix de la matrice | 32 |
| 3.2.1 | Interprétation de la matrice | 33 |
| 3.3 | Données exploitées | 33 |
| 3.4 | Application de l'APR sur le bac de stockage MF01 | 34 |
| 3.4.1 | Interprétation des résultats | 41 |
| 3.5 | Conclusion | 42 |
| 3.6 | Application du HAZOP sur le bac de stockage MF01 | 43 |
| 3.6.1 | Interpretation des résultats | 58 |
| 3.7 | Conclusion : | 59 |
| Chapitre 4 : Modélisation des conséquences..... | | 61 |
| 4.1 | Données climatiques | 61 |
| 4.2 | Description de l'environnement humain | 62 |
| 4.3 | Description de l'environnement avoisinant le bac de stockage..... | 63 |
| 4.4 | Données physico-chimiques du produit | 63 |
| 4.4.1 | Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression et des effets thermiques..... | 63 |
| 4.5 | Analyse des conséquences | 65 |
| 4.5.1 | Scénario N°1 | 65 |
| 4.5.2 | Scénario N°2 | 67 |
| 4.5.3 | Scénario N°3 | 71 |
| Chapitre 5 : Mise en œuvre de la méthode JSA | | 75 |
| 5.1 | Choix de la matrice..... | 75 |
| 5.2 | Construction du scénario | 75 |
| 5.3 | Résultat de l'évaluation du risque professionnel..... | 75 |

Table des matières

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Conclusion générale | 85 |
| ANNEXE A..... | 89 |
| ANNEXE B..... | 91 |
| ANNEXE C | 92 |
| ANNEXE D..... | 93 |
| ANNEXE E..... | 100 |
| ANNEXE F..... | 102 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1-1 : Principales textes réglementaires..... | 3 |
| Tableau 1-2 : Règlementation européenne. | 5 |
| Tableau 1-3 : Normes standards. | 5 |
| Tableau 1-4 : Tableau de type APR..... | 9 |
| Tableau 1-5 : Mots clés dans le cas d'une situation dans un procédé..... | 11 |
| Tableau 1-6 : Tableau de type HAZOP | 12 |
| Tableau 2-1 : Installation des bacs de stockage du complexe GL3-Z | 28 |
| Tableau 2-2 : Equipement associés au bac de stockage..... | 29 |
| Tableau 2- 3 : Moyens de détection. | 30 |
| Tableau 2- 4 : Moyens d'interventions. | 30 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 2-1: Emplacement du GL3/Z | 17 |
| Figure 2-2 : Maquette 3D de la Vue d'Ensemble de l'Usine | 18 |
| Figure 2-3 : Plan de zonage du complexe GL3/Z | 19 |
| Figure 2-4 : Cycle de production du GNL | 22 |
| Figure 2-5 : Les éléments d'un réservoir double intégrité..... | 24 |
| Figure 2-6 : Les éléments d'un réservoir à intégrité totale | 25 |
| Figure 2-7 : Les éléments d'un réservoir à membrane | 26 |
| Figure 2-8 : Emplacement des bacs de stockage..... | 28 |
| Figure 2-9 : Bac GNL vue de l'extérieur | 28 |
| Figure 3-1 : Matrice d'évaluation des risques | 33 |
| Figure 3-2 : Graphe nombre de conséquence en fonction de la gravité et de la probabilité SIDE 1 | 41 |
| Figure 3-3 : Graphe nombre de conséquence en fonction de la gravité et de la probabilité SIDE 2 | 42 |
| Figure 3-4 : Graphe nombre de conséquence en fonction de la gravité et la probabilité SIDE 1 | 58 |
| Figure 3-5 : Graphe nombre de conséquence en fonction de la gravité et la probabilité SIDE 2 | 59 |
| Figure 4-1 : Rose des vents de la région | 62 |
| Figure 4-2 : Environnement avoisinant le bac de stockage..... | 63 |
| Figure 4-3 : Les zones touchées pas le nuage gazeux | 65 |
| Figure 4-4 : Radiation thermique engendré par jet fire | 66 |
| Figure 4-5 : Effet du jet fire | 66 |
| Figure 4-6 : Zone touchée par les radiations thermiques engendré par le feu torche | 66 |
| Figure 4-7 : les zones touchées par les ondes de pression engendrées par l'explosion..... | 67 |
| Figure 4-8 : les effets de l'explosion | 67 |
| Figure 4-9 : la concentration du polluant en ppm par rapport au temps | 68 |
| Figure 4-10 : la concentration du polluant en ppm en fonction de la distance | 68 |
| Figure 4-11 : concentration du polluant en fonction de la distance en hauteur | 68 |
| Figure 4-12 : les zones touchées par la dispersion du nuage gazeux | 69 |
| Figure 4-13 : Effets du early pool fire..... | 69 |
| Figure 4-14 : les effets du late pool fire | 69 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 4-15 : effets du jet fire | 70 |
| Figure 4-16 : effets du flash fire..... | 70 |
| Figure 4-17 : les effets de l'explosion | 71 |
| Figure 4-18 : la concentration du polluant en ppm en fonction de la distance | 71 |
| Figure 4-19 : la concentration du polluant en ppm en fonction du temps..... | 72 |
| Figure 4-20 : Concentration du polluant par rapport la distance en hauteur..... | 72 |
| Figure 4-21 : Concentration du polluant en ppm | 72 |
| Figure 4-22 : Effet du flash fire..... | 73 |
| Figure 4-23 : les zones touchées par les ondes de pression engendré par l'explosion | 73 |
| Figure 4-24 : les effets de l'explosion | 74 |
| Figure 5-1 : Graphe de nombre de conséquence en fonction de la gravité et de la probabilité SIDE 1 | 81 |
| Figure 5-2 : Graphe de nombre des conséquences en fonction de la gravité et de la probabilité SIDE 2 | 82 |
| Figure 5-3 : Graphe de nombre des conséquences en fonction de la gravité et de la probabilité SIDE 1 | 83 |
| Figure 5-4 : Graphe de nombre des conséquences en fonction de la gravité et de la probabilité SIDE 2 | 84 |

Liste des abréviations

ISO : Organisation Internationale de normalisation.

COMAH : Control of major accident hazards.

EVRP : Evaluation des risques professionnels.

APR : Analyse préliminaire des risques.

AMDEC : Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité.

HAZOP : Hazard and operability analysis.

ICI : Imperial chemical industries.

CHSCT : Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail.

PHA : Process Hazard analysis.

PHAST: Process Hazard analysis software.

JSA : Job safety analysis.

AST : Analyse de sécurité de la tâche.

GNL : Gaz naturel liquéfié.

GPL : Gaz de pétrole liquéfié.

EPI : Equipement de protection individuelle.

UV : Rayonnement ultraviolet.

LIE : Limite inférieur d'explosivité.

LES : Limite supérieur d'explosivité.

LII : Limite inférieur d'inflammabilité.

UVCE : Unconfined Vapour Cloud Explosion.

BLEVE: Boiling liquid expanding vapor explosion.

BOG : boil off gaz.

Liste des abréviations

SONATRACH : Société nationale pour la recherche, la production, le transport, la transformation, et la commercialisation des hydrocarbures.

LDT: Level density temperature.

RT: Réfrigérant mixte.

MCHE: Main Cryogenic Heat Exchanger.

PPV: Particules par volume.

STA: Safety task assignment.

TBT: Tool box talk.

DCS : Distributed control system.

Introduction

Le secteur économique de l'énergie en Algérie occupe une place prédominante dans l'économie: les hydrocarbures à eux seuls représentent 60 % des recettes du budget et 98 % des recettes d'exportation. L'Algérie est le 18e producteur de pétrole, le 10e producteur de gaz naturel

Le secteur des hydrocarbures en général et le traitement des produits en particulier, constituent incontestablement des secteurs à hauts risques au niveau mondiale et comme partout ailleurs dans le monde, l'Algérie ne fait pas exception en matière d'accidents industriels majeurs. Mentionnons, à titre d'exemple, l'accident impliquant le complexe GL1K de liquéfaction de gaz naturel de Skikda, en 2004, avec 27 morts et 73 blessés, et une usine à moitié détruite

Le risque majeur susceptible de survenir au niveau de ses installations augmente au fur et à mesure au cours de diverses opérations de réception, d'exploitation, de stockage et de transfert.

Par ailleurs, le complexe GL3/Z qui a fait l'objet de notre étude, joue un rôle important dans la production du GNL permettant ainsi de faire face aux besoins énergétiques, que ce soit au niveau du territoire national ou à l'international, et ce grâce aux grandes capacités de stockage existantes au sein du site.

Cependant, comme tout organisme, entreprise ou industrie, le complexe GL3/Z est sujet aux risques et divers dangers liés à ses activités. Identifier ces dangers et minimiser leurs impacts relève de la responsabilité de l'entreprise.

De ce fait les préoccupations en matière de santé et de sécurité au travail et à la protection de l'environnement sont devenues un véritable enjeu stratégique pour les entreprises. La question de leurs responsabilités socio-environnementales se manifeste désormais par la mise en œuvre de nouvelles stratégies managériales communément appelées système de management HSE. Un système qui entend répondre à un objectif celui de proposer des lignes directrices structurées pour favoriser la prise en compte des préoccupations HSE et ce, depuis le sommet de l'organisation jusqu'aux activités opérationnelles. Le deuxième objectif tend à améliorer ses performances vers une meilleure prévention et gestion des accidents du travail et donc vers un développement durable.

À cet effet ce projet de fin d'étude propose la mise en œuvre d'une méthodologie d'évaluation des risques au niveau du complexe GL3/Z en se focalisant sur les risques technologiques, ainsi que le risque professionnel qui sont considérés omniprésents dans les lieux de travail

Dans ce cadre, nous nous sommes proposés de réaliser une évaluation des risques technologiques sur le bac de stockage de GNL du complexe GL3/Z, ainsi qu'une modélisation des conséquences liés à plusieurs scénarios catastrophiques en utilisant le logiciel de simulation Phast ; et pour finir réaliser une évaluation des risques professionnels.

Introduction

A cet effet notre travail se compose de cinq chapitres la partie théorique est composé de deux chapitres :

- Le premier chapitre fait l'objet d'une brève présentation du cadre législative pour mieux mettre en évidence le travail vis à vis la règlementation et les normes ainsi que des généralités sur les méthodes d'analyse des risques applicable dans le domaine d'évaluation des risques technologique ainsi que professionnel.

- Le deuxième chapitre est dédié à la présentation du complexe GNL3Z qui a fait l'objet de notre étude d'une manière générale et la zone de stockage de GNL d'une manière particulière

Et la partie pratique est composé de trois chapitres (chapitre trois, quatre et cinq) :

- Le troisième chapitre est consacré à l'analyse des risques technologiques au niveau d'un des bacs de stockage de GNL par la méthode APR et la méthode HAZOP

- Le quatrième chapitre présente les résultats de la modélisation des scénarios catastrophique au niveau de BAC GNL

- Un cinquième chapitre concerne la mise en œuvre de la méthodes JSA pour l'analyse des risques professionnels d'une tâche effectuée au niveau du bac de stockage.

Chapitre 1 : Méthode d'analyse des risques

Introduction

Suite aux divers accidents dans le domaine Oil&Gaz qui ont révélé à l'homme sa vulnérabilité et ont conduit à la prise de conscience et aidé à l'émergence d'une science qui a pour mission de rendre négligeable le risque, dans le but de répondre au besoin croissant des sociétés modernes à évaluer en situation minimales de danger, ainsi le management des risques est devenu depuis plusieurs années une activité complémentaire et incontournable des activités d'ingénierie dans un projet ou d'exploitation d'un système opérationnel. La recherche de la **sûreté des installations** ou produits industriels et de la **sécurité des personnes** et des biens qui en résultent font désormais partie de la vie quotidienne de chaque citoyen.

Dans ce chapitre, nous allons dans un premier temps citer les principales textes réglementaires et normatifs qui encadrent les études de danger ensuite on va présenter le processus d'appréciation des risques et nous allons décrire brièvement les méthodes utilisées dans notre démarche d'analyse des risques technologique qui sont la méthode APR et la méthode HAZOP et pour finir on va présenter la structure globale du processus de l'évaluation des risques professionnels et la méthode JSA qui fait l'objet de notre étude.

1.1 Textes règlementaires et normatifs :

1.1.1 Réglementation algérienne :

Tableau 1-1 : Principales textes réglementaires

| Texte | Réf | Date | Titre |
|--------------------------------|---------------|--|---|
| Loi [01] | 04-20 | Du 25 décembre 2004 | Relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable . |
| Décret exécutif [02] | 18-255 | Du 29 Moharram 1440 correspondant au 9 octobre 2018 | Modifiant et complétant le décret exécutif n° 07-145 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le |

| | | | |
|--------------------------------|---------------|--|---|
| | | | contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement |
| Décret exécutif [03] | 06-198 | Du 4 Joumada ElOula 1427 correspondant Au 31 mai2006 | Définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement. |
| Décret exécutif [04] | 07-144 | Du 2 Joumada ElOula 1428 correspondant Au 19 mai2007 | Fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement |
| Décret exécutif [04] | 07-145 | Du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 | Déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement. |
| Décret exécutif [05] | 08-312 | 5 Chaoual 1429 correspondant au 5 octobre 2008 | Fixant les conditions d'approbation des études d'impact sur l'environnement pour les activités relevant du domaine des hydrocarbures. |
| Décret exécutif [06] | 15-09 | Du 23 Rabie El Aouel 1436 correspondant au 14 janvier 2015 | Fixant les modalités d'approbation des études de dangers spécifiques au secteur des hydrocarbures et leur contenu . |

| | | | |
|--|--|---|---|
| Arrêté interministériel [07] | | du 19 Dhou El Kaada 1435 correspondant au 14 septembre 2014 | Fixant les modalités d'examen et d'approbation des études de danger |
| Instruction ministérielle R1 | | 22 Septembre 2003 | Relative à la maîtrise et la gestion des risques industriels impliquant des substances dangereuses. |
| Instruction ministérielle R2 | | Février 2005 | Relative à la maîtrise des risques industriels et énergétiques. |

1.1.2 Règlementation européenne :

Tableau 1-2 : Règlementation européenne.

| Texte | Réf | Date | Titre |
|-------------------------|--------------------------------|----------------|---|
| Directive (EUR) | 2012/18/UE (SEVESO III) | 4 juillet 2012 | Concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses, modifiant puis abrogeant la directive 96/82/CE du Conseil. |
| Règlement (Royaume-Uni) | COMAH | 01 Juin 2015 | The Control of major Accident Hazards regulations |

1.1.3 Norme standard :

Tableau 1-3 : Normes standards.

| Norme | Réf | Date | Titre |
|------------|--------------|------|---|
| ISO | 31000 | 2018 | Management du risque – Lignes directrices |
| ISO | 31010 | 2019 | Management du risque– Techniques d'appréciation du risque |
| ISO | 45001 | 2018 | Système de management de la |

| | | | |
|--|--|--|---------------------------------------|
| | | | santé et de la sécurité au travail |
|--|--|--|---------------------------------------|

1.1.4 Référentiels SONATRACH :

- Référentiel système de management HSE (HSE-MS).
- Référentiel identification des dangers et évaluation des risques.
- Référentiel système de gestion des urgences et des crises
- Référentiel EvRP

1.2 Processus de l'appréciation des risques [08] :

1.2.1 Planification de l'appréciation :

- Il convient tout d'abord de définir l'objet de l'appréciation, le domaine d'application, l'étendue et le niveau de détail de l'appréciation
- Il convient que les personnes impliquées aient conscience des circonstances plus générales dans lesquelles les décisions et actions reposant sur leur appréciation sont prises
- Collaboration avec les parties prenantes
- Il convient de définir et, dans la mesure du possible, de documenter les objectifs du système ou processus spécifique pour lequel est effectuée l'appréciation du risque
- Prise en compte des facteurs humains, organisationnels et sociaux
- Il convient de revoir les critères, y compris les critères de risque, qu'il est nécessaire de prendre en compte lors de la prise de décision, avant de procéder à l'appréciation. (développé)

1.2.2 Gestion des informations et développement de modèles :

- Collecte d'informations : Les informations peuvent être collectées à partir de sources comme des revues documentaires, des observations et des avis d'experts. Les données peuvent être collectées ou déduites, par exemple, de mesurages, d'expériences, d'entretiens et d'enquêtes.
- Analyse des données
- Développement et application des modèles : Un modèle est une représentation approximative de la réalité. Il a pour objet de transformer ce qui peut être une situation par nature complexe en termes plus simples, qui peuvent être analysés plus aisément. Il peut être utilisé pour aider à comprendre la signification des données et simuler ce qui pourrait se produire dans la pratique dans différentes conditions.

1.2.3 Application des techniques d'appréciation du risque :

Les techniques d'appréciation peuvent être utilisées pour :

- Identifier le risque : il convient d'appréhender l'identification des risques de manière méthodique et itérative de sorte qu'elle soit complète et efficace. Il convient dans la mesure du possible d'identifier le risque suffisamment tôt pour permettre la prise de mesures

- Déterminer les causes, les sources et les facteurs de risque, ainsi que le niveau d'exposition à ce risque

- Examiner l'efficacité globale des moyens de maîtrise, et de l'effet modificateur des traitements du risque suggérés

- Comprendre les conséquences et la vraisemblance

- Analyser les interactions et les dépendances

- Fournir une mesure du risque : Dans certaines situations, il est utile de mesurer le risque en combinant l'ampleur des conséquences éventuelles et la vraisemblance de ces conséquences. Cela peut impliquer de procéder à des mesures qualitatives, semi-quantitatives ou quantitatives.

- Les approches qualitatives reposent en général sur des échelles descriptives (nominales) ou de classement (ordinales) pour les conséquences et les vraisemblances.

- Les approches semi-quantitatives se caractérisent par :

- un paramètre (en général la vraisemblance) exprimé de manière quantitative et un autre décrit ou exprimé sur une échelle de classement ;

- des échelles divisées en bandes discrètes dont les limites sont exprimées de manière quantitative. Des points sont souvent tracés sur l'échelle de manière à produire une relation logarithmique pour correspondre aux données ;

- des descripteurs numériques ajoutés aux points d'échelle, dont la signification est décrite de manière qualitative ;

L'utilisation d'échelles semi-quantitatives peut donner lieu à de mauvaises interprétations si la base des calculs n'est pas soigneusement expliquée. Il convient donc de valider les approches semi-quantitatives et de les utiliser avec précaution.

- Les approches quantitatives s'appuient sur des mesures de conséquences et de vraisemblances exprimées sur des échelles numériques (de rapport).

1.2.4 Examen de l'analyse :

- Dans la mesure du possible, il convient de vérifier et de valider les résultats de l'analyse. La vérification implique de s'assurer que l'analyse a été correctement réalisée. Elle implique également de s'assurer que la bonne analyse a été réalisée pour atteindre les objectifs exigés

- Il convient que cette analyse du risque permette de comprendre les incertitudes dans l'analyse et d'apprécier ce qu'elles impliquent en matière de fiabilité des résultats. Il convient de toujours communiquer les incertitudes et leurs implications aux décideurs.

- Il convient de revoir régulièrement les appréciations pour identifier si une modification a eu lieu, y compris celle d'un contexte ou d'une hypothèse, et si de nouvelles informations ou méthodes sont disponibles.

1.2.5 Application des résultats à l'appui des décisions :

Les résultats de l'analyse du risque fournissent des éléments d'informations nécessaires pour les décisions à prendre et les actions exécutées.

1.3 Technique d'analyse des risques technologique :

1.3.1 Analyse préliminaire des risques :

1.3.1.1 Définition et domaine d'application [09] :

L'analyse préliminaire des risques (APR) est une méthode d'usage très générale couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. En conséquence, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée.

En ce sens, elle est particulièrement utile dans les situations suivantes :

Au stade de la conception d'une installation, lorsque la définition précise du procédé n'a pas encore été effectué. Elle fournit une première analyse de sécurité se traduisant par des éléments constituant une ébauche des futures consignes d'exploitation et de sécurité. Elle permet également de choisir les équipements les mieux adaptés.

Dans le cas d'une installation complexe existante, au niveau d'une démarche d'analyse des risques. Comme l'indique son nom, l'APR constitue une étape préliminaire, permettant de mettre en lumière des éléments ou des situations nécessitant une attention plus particulière et en conséquence l'emploi de méthodes d'analyses de risques plus détaillées. Elle peut ainsi être complétée par une méthode de type AMDEC ou arbre des défaillances par exemple.

Dans le cas d'une installation dont le niveau de complexité ne nécessite pas d'analyses plus poussées au regard des objectifs fixés au départ de l'analyse des risques.

1.3.1.2 Principe de la méthode APR [9] :

L'analyse Préliminaire des Risques nécessite dans un premier temps d'identifier les éléments dangereux de l'installation. Ces éléments dangereux désignent le plus souvent :

- Des substances ou préparations dangereuses, que ce soit sous forme de matières premières, de produits finis, d'utilités...,

- Des équipements dangereux comme par exemple des stockages, zones de réception expédition, réacteurs, fournitures d'utilités (chaudière...),
- Des opérations dangereuses associées au procédé.

L'identification de ces éléments dangereux est fonction du type d'installation étudiée. Il est également à noter que l'identification de ces éléments se fonde sur la description fonctionnelle réalisée avant la mise en œuvre de la méthode. À partir de ces éléments dangereux, l'APR vise à identifier, pour un élément dangereux, une ou plusieurs situations de dangers. Dans le cadre de ce document, une situation de dangers est définie comme une situation qui, si elle n'est pas maîtrisée, peut conduire à l'exposition de cibles à un ou plusieurs phénomènes dangereux. Le groupe de travail doit alors en déterminer les causes et les conséquences de chacune des situations de dangers identifiés puis identifier les sécurités existantes sur le système étudié. Si ces dernières sont jugées insuffisantes vis-à-vis du niveau de risque identifié dans la grille de criticité, des propositions d'améliorations doivent alors être envisagées.

1.3.1.3 Déroulement de l'APR [9] :

L'utilisation d'un tableau de synthèse constitue un support pratique pour mener la réflexion et résumer les résultats de l'analyse. Pour autant, l'analyse des risques ne se limite pas à remplir coûte que coûte un tableau. Par ailleurs, ce tableau doit parfois être adapté en fonction des objectifs fixés par le groupe de travail préalablement à l'analyse.

Tableau 1-4 : Tableau de type APR

| APR : GL3/Z | | | | | | | | | Tableau N° |
|--------------|-------------------|---------|--------|--------------|----------------------|--------------------|---|---|----------------|
| Section : | | | | | | | | | |
| PFD/PID N° : | | | | | | | | | |
| Maille | Evènement redouté | Détails | Causes | Conséquences | Mesure de prévention | Mode de protection | F | G | Recommandation |

Pour chaque fonction identifiée dans la phase de description des installations, les produits ou équipements sont passés en revue, en examinant les situations de dangers potentielles de manière systématique. Pour cela, il est fait appel à l'expérience et à l'imagination de chacun. L'analyse d'accidents constitue de plus une source d'information à privilégier. Le groupe de travail peut alors adopter une démarche systématique sous la forme suivante :

Sélectionner le système ou la fonction à étudier sur la base de la description fonctionnelle réalisée.

- Choisir un équipement ou produit pour ce système ou cette fonction (colonne 2).
- Pour cet équipement, considérer une première situation de dangers (colonne 3)

- Pour cette situation de dangers, envisager toutes les causes et les conséquences possibles (colonnes 4 et 5).
- Pour un enchaînement cause-situation de danger-conséquences donné, identifier alors les barrières de sécurité existantes sur l'installation (colonne 6)
- Si le risque ainsi estimé est jugé inacceptable, formuler des propositions d'améliorations en colonne 7. La dernière colonne (colonne 8) est réservée à d'éventuels commentaires. Elle est particulièrement importante pour faire apparaître les hypothèses effectuées durant l'analyse ou les noms de personnes devant engager des actions complémentaires.
- Envisager alors un nouvel enchaînement cause-situation de danger-conséquences pour la même situation de danger et retourner au point 5).
- Si tous les enchaînements ont été étudiés, envisager une nouvelle situation de danger pour le même équipement et retourner au point 4).
- Lorsque toutes les situations de dangers ont été passées en revue pour l'équipement considéré, retenir un nouvel équipement et retourner au point 3) précédent.
- Le cas échéant, lorsque tous les équipements ont été examinés, retenir un nouveau système ou fonction et retourner au point 2).

1.3.1.4 Avantages et inconvénients de l'APR [10] :

➤ **Les avantages :**

- Permettre un examen relativement rapide des situations dangereuses
- Economique en termes de temps
- Ne nécessite pas une description du système détaillée.

➤ **Les inconvénients :**

- Difficulté de définir une situation de danger
- Difficulté de combiner les défaillances
- Maille du système trop large pour caractériser précisément les conditions d'occurrence d'un accident

1.3.2 La méthode HAZOP :

1.3.2.1 Présentation de la méthode [11] :

La méthode HAZOP (acronyme de l'anglais HAZard and OPerability analysis, « analyse de risques et de sécurité de fonctionnement ») est un outil formalisé, systémique et semi-empirique utilisé et développé depuis quarante ans pour analyser les risques potentiels associés à l'exploitation d'une installation industrielle. Inventée en 1965 en Grande-Bretagne par la société ICI (Imperial chemical Industries), elle était conçue comme une technique et s'adressait particulièrement à la phase d'ingénierie de détail de nouvelles installations chimiques ou pétrochimiques. Son originalité résidait dans son approche a priori des dangers et des dysfonctionnements d'une installation par l'étude systématique des déviations des paramètres gouvernant le procédé à analyser.

L'objectif de la méthode HAZOP est, à l'origine, d'identifier les dysfonctionnements de nature technique et opératoire dont l'enchaînement peut conduire à des événements non

souhaités. Il s'agit donc de déterminer, pour chaque sous-ensemble ou élément d'un système bien défini, les conséquences d'un fonctionnement hors du domaine d'utilisation pour lequel ce système a été conçu.

1.3.2.2 Déroulement de la méthode [12] :

Le déroulement d'une étude HAZOP convient pour mener l'analyse qui suit les étapes suivantes :

- 1) Dans un premier temps, choisir une ligne ou de la maille. Elle englobe généralement un équipement et ses connexions, l'ensemble réalisant une fonction dans le procédé identifiée au cours de la description fonctionnelle.
- 2) Choisir un paramètre de fonctionnement (Température, débit, pression, niveau, temps)
- 3) Retenir un mot-clé et générer une dérive,

Tableau 1-5 : Mots clés dans le cas d'une situation dans un procédé.

| DÉVIATIONS - MOTS CLÉS | | SIGNIFICATIONS |
|------------------------|-----------------------|---|
| NONE | Pas de | Absence de débit, de courant |
| MORE OF | Plus de Trop de | Excès de température, niveau, débit, pression, viscosité, ... |
| LESS OF | Moins de Pas assez de | Baisse de température, niveau, débit, pression, viscosité, ... |
| PART OF | En partie | Absence d'un constituant, changement dans la composition d'un fluide |
| MORE THAN | Plus que | Présence d'impuretés (acide, air, eau, produits de corrosion, ...) Présence d'une phase supplémentaire (gaz, solide) |
| REVERSE | Inversé | Inversion de débit |
| OTHER THAN | Autre que | En dehors du fonctionnement normal Démarrage et arrêt intempestifs, bas régime, changement de catalyseur |

- 4) Vérifier que la dérive est crédible. Si oui, passer au point 5, sinon revenir au point 3,
- 5) Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive
- 6) Examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets,
- 7) Proposer, le cas échéant, des recommandations et améliorations,
- 8) Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point 3),
- 9) Lorsque tous les mots-clé ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse au point 2),
- 10) Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse au point 1).

Un tableau de synthèse se révèle souvent utile pour guider la réflexion et collecter les résultats des discussions menées au sein du groupe de travail.

Tableau 1-6 : Tableau de type HAZOP

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------|---------------|----------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------|------------------------|
| Titre de l'étude HAZOP : | | | | Tableau N° | | Révision N° | | |
| Zone : | | | | Date : | | | | |
| Nœud : | | | | | | | | |
| PID : | | | Révision N° : | | | Equipment: | | |
| Paramètre : | | | design: | | | | | |
| Déviaton | | Causes | Conséquences | Barriere | Cotation | | | Recommandations |
| Paramètre | Mot-clé | | | | P | G | R | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

1.3.2.3 Limites et avantages de la méthode [12] :

➤ **Limites :**

- Consommatrice de temps.
- Qualitative ou non.
- Exigeante.

➤ **Avantages :**

- Principe simple.
- Méthode pluridisciplinaire.
- Large domaine applicatif.

1.4 Evaluation des risques professionnels :

1.4.1 Définition [13] :

L'évaluation des risques professionnels (EvRP) consiste à identifier les risques auxquels sont soumis les salariés d'un établissement, en vue de mettre en place des actions de prévention pertinents couvrant les dimensions techniques, humaines et organisationnelles. Elle constitue l'étape initiale de toute démarche de prévention en santé et sécurité au travail.

L'EvRP est une démarche structurée dont les résultats sont formalisés dans un "document unique ». Ce document est mis à la disposition des salariés, des membres du CHSCT, des délégués du personnel, du médecin du travail, de l'inspecteur du travail et des agents des services de prévention des organismes de sécurité sociale ainsi que des inspecteurs de la radioprotection.

1.4.2 Les Étapes de l'EvRP [14] :

L'évaluation des risques professionnels est l'étape essentielle d'une politique réussie de santé et sécurité au travail, l'EvRP est une démarche structurée en 03 étapes :

- L'identification des risques professionnels.
- L'évaluation et la hiérarchisation des risques professionnels.
- La planification des actions de prévention et les outils de suivi.

1.4.3 Les principes de l'EvRP [14] :

- Engagement de l'employeur :

L'employeur est tenu d'afficher sa volonté ; de réaliser une évaluation des Risques professionnels, auprès des salariés. Cet engagement se décline par :

- La présentation de la démarche aux salariés ;
- La mise à disposition des ressources ;
- L'organisation de la communication ;
- L'implication régulière et continue dans la démarche ;

- Adaptabilité à la situation propre de l'entreprise :

L'employeur choisit les outils appropriés pour l'évaluation des risques professionnels, il utilise des outils adaptés aux spécificités de son entreprise, en termes de :

- Taille
- Situation
- Organisation
- Nature des activités
- Nature de ses risques professionnels

- Autonomie dans la réalisation de l'EvRP :

L'Entreprise s'organise pour être autonome dans sa démarche, elle s'appuie pour cela sur des compétences en interne.

Le développement de l'autonomie permet à l'employeur de rester maître des décisions garantissant la maîtrise des risques professionnels et de contribuer à l'appropriation de la démarche par l'encadrement et les salariés.

- Participation des salariés de l'Entreprise :

Le chef d'entreprise associe les salariés à l'évaluation des risques professionnels. Des concertations avec le personnel doivent être organisées en procédant à une analyse de leur poste leur situation de travail. Ces concertations permettent de croiser les savoirs et les savoir-faire professionnels des salariés et ceux des préventeurs.

- Finalité : décider des actions de prévention :

Le chef d'Entreprise décide des actions de prévention à mettre en place.

L'EvRP conduit à choisir les actions de prévention appropriées afin de préserver la santé et la sécurité des salariés de l'entreprise, cette démarche est anticipatrice, dynamique et évolutive.

1.4.4 Avantages de l'EvRP [14] :

- Protéger la santé et la sécurité des travailleurs :

L'évaluation des risques professionnels suppose qu'un travail d'anticipation soit réalisé ause inde l'entreprise afin de comprendre et d'analyser tous les phénomènes susceptibles de faire naître un risque pour la santé et la sécurité au travail.

L'évaluation des risques professionnels vise à tenir compte aussi bien des aspects humains, que des aspects techniques et organisationnels du travail.

- Répondre aux obligations de prévention :

L'employeur doit respecter ses obligations en matière de santé et de sécurité au travail. Il revient à l'employeur de mettre en place les moyens les plus adaptés pour répondre à son obligation de résultat dans ce domaine.

- Favoriser le dialogue social:

La prévention et l'évaluation des risques professionnels s'appuient sur un dialogue constant et constructif entre l'employeur, les représentants du personnel et les salariés. Ce dialogue est a garantie d'une meilleure compréhension et d'un traitement efficace des risques professionnels.

- Créer un emploi de qualité :

Cet enjeu, a pour composante essentielle un environnement de travail sur et sain. Il s'agit d'assurer de bonnes conditions de travail par une démarche de prévention ambitieuse. L'image de l'entreprise et de la profession en sont valorisées.

Contribuer à la performance de l'Entreprise :

Les accidents de travail et les maladies professionnelles se traduisent par la perte de certaines journées de travail, c'est un coût humain et économique très important pour les entreprises :

- Le temps et production perdus ;
- Les dégâts causés aux matériels, équipements et produits ;
- L'augmentation des primes d'assurance et des frais de justice ;
- La baisse du moral et de la motivation des salariés ;
- La dégradation du climat social ;

1.4.5 Le document unique [13] :

Les résultats de l'EvRP sont transcrits dans un dossier appelé « Document unique » qui contient :

- Le cadre de l'évaluation,
- La méthode d'analyse des risques choisie ainsi que les outils mis en œuvre,
- La méthode de classement choisie,
- L'inventaire des risques identifiés et évalués
- Les actions à mettre en place.

L'employeur doit annexer au document unique :

- Les données collectives utiles à l'évaluation des expositions aux facteurs de pénibilité de nature à faciliter la déclaration, le cas échéant à partir de l'identification des postes, métiers ou situations de travail figurant dans un accord collectif de branche étendu ou un référentiel professionnel de branche homologué,
- La proportion de salariés exposés à ces facteurs au-delà des seuils.

Il est essentiel de conserver ces éléments pour assurer :

- La cohérence dans la démarche d'évaluation, qui est dynamique et évolutive.
- Le suivi et la pérennité de l'action d'évaluation des risques dans l'entreprise, en particulier lors de la mise à jour du document permettant de :
 - Faire un bilan des actions réalisées,
 - D'améliorer de façon régulière la prise en compte des risques,
 - De pouvoir faire émerger des risques moins évidents lors d'aménagements importants,
 - De prendre en compte l'évolution des règles relatives à la santé et la sécurité au travail, la survenue d'accidents ou d'incidents...

1.4.5.1 Méthode choisie pour l'analyse du risque professionnel JSA (job safety analysis) ou AST (analyse sécuritaire des tâches) :

1.4.5.2 Définition [15] :

L'analyse de sécurité de la tâche (AST) est une démarche qui vise spécifiquement à sécuriser les activités de travail de l'entreprise. Elle consiste en une étude systématique des gestes posés pour accomplir chacune des tâches d'une fonction assignée à un travailleur. L'AST permet d'intégrer à chaque tâche ou travail des opérations précises, des principes et des méthodes d'hygiène et de sécurité reconnus. Au cours d'une telle analyse, chaque étape

fondamentale des tâches à effectuer est examinée de façon à déceler les dangers éventuels et à déterminer quel est le moyen le plus sûr d'effectuer chaque tâche.

1.4.5.3 Les quatre étapes fondamentales de la méthode [15] :

Toute analyse de la sécurité des tâches comporte les quatre étapes fondamentales suivantes

- Choisir la tâche à analyser.
- Décomposer la tâche en une série d'étapes.
- Déceler les dangers éventuels à chaque étape.
- Établir des mesures préventives pour parer à chaque danger.

1.4.5.4 Les avantages d'une analyse de la sécurité des tâches [13] :

Les principaux avantages de cette méthode sont qu'on ne compte pas sur la mémoire individuelle et que l'observation ou la performance des procédés de travail fait ressortir les dangers qu'ils comportent. Dans le cas de tâches rarement accomplies ou des postes nouvellement créés, l'observation peut ne pas avoir été possible.

Dans un cas semblable, on pourra demander à un groupe de travailleurs et de superviseurs expérimentés d'effectuer l'analyse au moyen de discussions. Cette méthode aurait pour avantage d'inclure plus de participants, donc plus d'expérience, et de rendre les recommandations plus acceptables aux personnes en cause. Les membres du comité d'hygiène et de sécurité au travail doivent également participer à ce processus.

Le contact régulier entre les travailleurs et les superviseurs en ce qui concerne la sécurité pourra être fondé sur l'analyse de la sécurité des tâches qui aura été faite, ou mieux encore, sur des méthodes de travail rédigées à partir de celle-ci. Cette analyse pourra servir à des fins de formation professionnelle ou comme guide dans le cas des tâches qui sont rarement accomplies. Elle pourra de plus servir comme norme d'inspection ou de vérification de la sécurité. Elle facilitera la formulation des détails de l'enquête après un accident éventuel.

Conclusion

Ce chapitre donne un apport théorique très consistant sur la méthodologie d'évaluation des risques ainsi que des techniques d'analyse des risques

Il n'existe pas de « bonne » ou « mauvaise » méthode d'analyse des risques. Ces méthodes ne sont que des aides guidant à la réflexion et il convient donc de retenir que celles qui sont les mieux adaptées aux cas à traiter.

Chapitre 2 : Présentation du système étudié

Introduction

Le Complexe GL3/Z est le plus récent Complexe de liquéfaction de gaz naturel, l'engineering a été assuré par la société italo-japonaise d'engineering « joint/SAIPEMCHIYODA » qui a été chargé des études de la construction et du démarrage des différentes installations. Le Projet GNL3/Z fait partie d'une série de projets de gaz intégrés de plus grande envergure, créé par SONATRACH en Algérie, impliquant le développement des réserves de champs de gaz dans le Bassin de Berkine (Algérie centre-orientale).

2.1 Brève description du complexe [16] :

Le site de construction GNL est d'une superficie de 54 hectares ce situ sur la zone industrielle d'Arzew à Béthioua, dans la wilaya d'Oran.

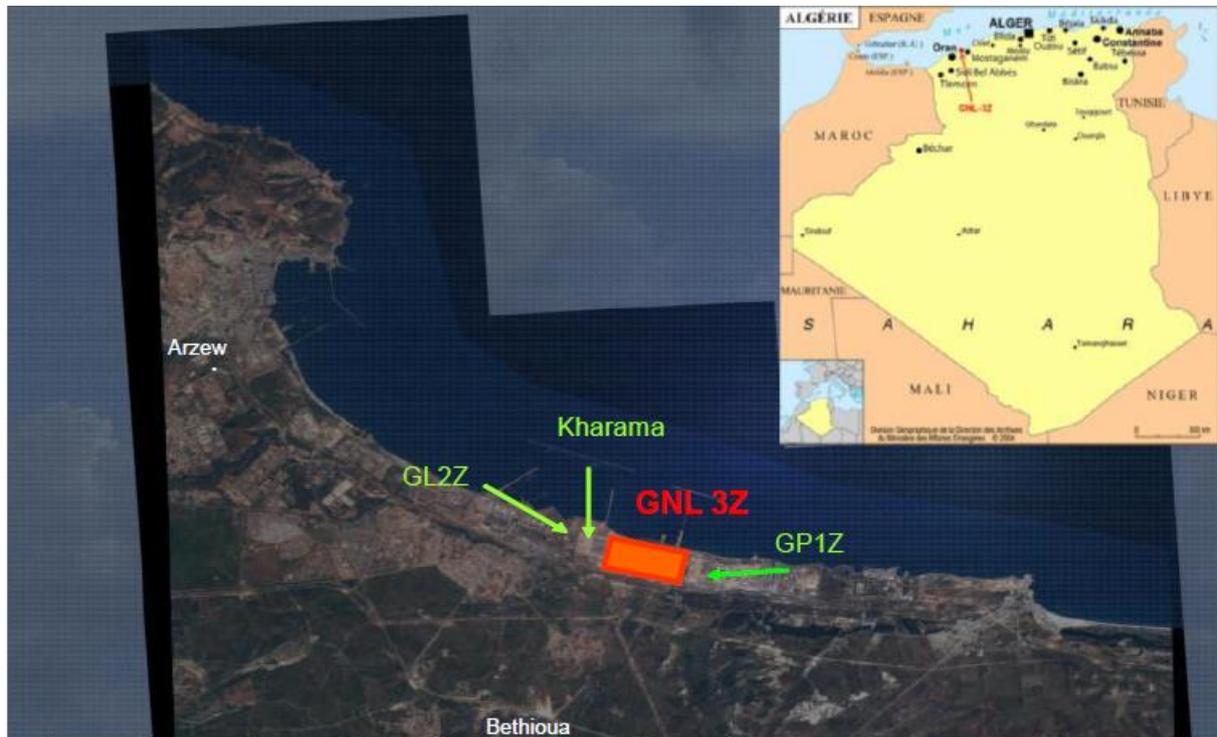


Figure 2-1: Emplacement du GL3/Z

Les installations de l'usine GL3/Z comprennent le train de procédé, toutes les utilités, le stockage des produits finis, les installations off-site liées, une jetée de GNL avec une plateforme de chargement de GNL extensible, un brise-lame, la protection du bord de mer existant, tous les bâtiments et les infrastructures nécessaires.

Les installations d'entrée de l'usine se trouvent dans le côté sud-ouest de la zone d'implantation. C'est là que le gaz d'alimentation entre dans l'usine GL3/Z, le côté ouest comprend la zone de génération d'énergie et les turbines à gaz la partie sud de l'usine est constituée des unités des

utilités et de leurs dispositifs de stockage ; la section nord longe la mer et contient les installations pour le stockage des produits et des réfrigérants, la zone de la torche et la jetée, le train de procédé est situé au milieu de la zone d'implantation. Il est subdivisé en deux parties : la partie est comprend les unités de prétraitement et de liquéfaction, alors que la partie ouest comprend les équipements de fractionnement et de récupération du GNL.



Figure 2-2 : Maquette 3D de la Vue d'Ensemble de l'Usine

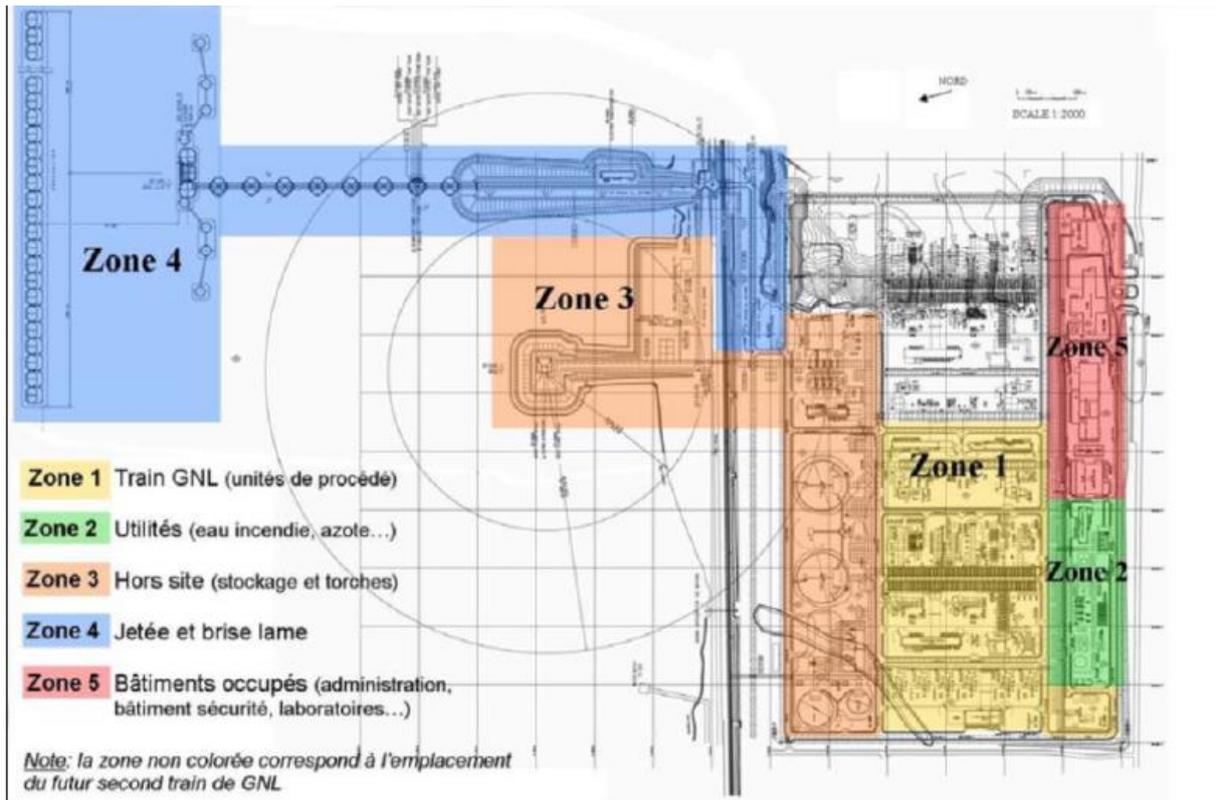


Figure 2-3 : Plan de zonage du complexe GL3/Z

2.2 Cycle de production du GNL [17] :

Les unités du procédé principales sont décrites dans les paragraphes suivants. L'objectif est de fournir une vue d'ensemble générale du schéma de procédé, pour des descriptions plus détaillées afin d'introduire notre étude à l'unité de stockage de GNL et en particulier le bac de stockage qui va être considérée comme l'exemple pratique sur lequel notre étude sera appliquée

Unité 01 : Comptage du gaz d'alimentation : Cette unité est utile pour compter le gaz d'alimentation qui entre dans l'installation, à travers un débitmètre ultrasonique et un Ordinateur / Contrôleur Analyseur. Un filtre intégral type « T » de 50 microns faisant partie du système de comptage protège celui-ci des contaminants entraînés dans le pipeline. Après comptage le gaz est envoyé vers l'unité de prétraitement du gaz d'alimentation (Unité 11).

Unité 11 : Compression du gaz d'alimentation et démercurisation : Le gaz d'alimentation issu de la station de comptage (unité 01) entre dans le ballon de garde du compresseur afin d'en extraire les liquides entraînés ou condensés. Bien qu'aucun liquide ne soit attendu, le liquide qui pourrait être récupéré est envoyé manuellement au système de torche. Le gaz comprimé est ensuite réfrigéré et envoyé dans un second ballon de garde où tous les liquides sont éliminés du gaz. De la même manière que pour le premier ballon les liquides récupérés sont drainés manuellement et envoyés au système de torche. Le gaz est envoyé vers le système d'élimination du mercure. Le système d'élimination de mercure permet de réduire la concentration de cet élément dans le gaz d'alimentation jusqu'à atteindre le niveau exigé : moins de 5 ng/Nm³. Cette diminution est nécessaire afin d'éviter l'endommagement par corrosion des équipements

cryogéniques en aluminium situés en aval de l'usine. Le gaz passe ensuite dans le filtre de gaz traité pour enlever les particules du lit de charbon actif qui ont pu être entraînées par le flux gazeux. Le gaz « démercurisé » est alors envoyé vers l'unité de décarbonatation (Unité 12) pour la suite du traitement.

Unité 12 : Décarbonatation du gaz d'alimentation : La section de décarbonatation du gaz naturel d'alimentation consiste à réduire le CO₂ contenu dans le gaz à une concentration inférieure à 50 particules par volume (ppv), elle est également appelée unité de traitement de gaz acide. Cette opération permet de respecter les spécifications de vente du GNL et empêche l'endommagement des équipements situés en aval de l'usine. Le CO₂ peut se congeler à basse température et créer des blocages, notamment au moment du passage du gaz dans les unités cryogéniques. Le gaz traité provenant du système d'élimination du gaz acide dans l'unité 12 est envoyé à l'unité de déshydratation du gaz (Unité 13).

Unité 13 : Déshydratation du gaz naturel d'alimentation : L'objectif de l'unité de déshydratation du gaz est de réduire le contenu en eau à une concentration inférieure à 0.5 ppm mol dans le gaz naturel, afin d'éviter la congélation de l'eau dans les unités cryogéniques en aval. Le gaz traité sera après envoyé vers l'unité de fractionnement du gaz naturel (Unité 17) et finalement vers l'unité de liquéfaction (Unité 15).

Unité 17 : Fractionnement du gaz naturel d'alimentation : L'objectif de cette section est de séparer les hydrocarbures les plus lourds (C₂ et plus) du gaz résiduel (principalement du méthane) pour éviter la congélation de ceux-ci lors du passage du gaz dans les unités cryogéniques de liquéfaction du GNL à basse température. L'Unité de fractionnement du gaz naturel est constituée de quatre colonnes : déméthaniseur, dééthaniseur, dépropaniseur et débutaniseur. La première séparation des hydrocarbures se fait au niveau du déméthaniseur, le gaz résiduel (principalement du méthane) sortant en tête de colonne est envoyé à l'unité de liquéfaction. Le liquide sortant du bas du déméthaniseur est envoyé au dééthaniseur permettant la récupération de l'éthane. La suite des autres étapes du fractionnement du gaz naturel se font respectivement dans les colonnes suivantes : Le dépropaniseur, permettant la récupération du propane ; Le débutaniseur, permettant la récupération du butane, du pentane et de la gazoline.

Unité 15 : Liquéfaction du gaz naturel d'alimentation : Le gaz résiduel venant de l'Unité 17 est envoyé à l'unité de liquéfaction où il sera pré refroidi au moyen du propane à des niveaux de pressions différentes, la température finale du gaz résiduel est d'environ -33 °C. Ensuite le gaz sortant sera envoyé directement vers l'échangeur de chaleur cryogénique principal (MCHE) qui consiste en un cylindre vertical composé de deux faisceaux échangeurs de chaleur : un faisceau froid et un faisceau chaud. Le gaz d'alimentation entre dans le faisceau chaud en bas du MCHÉ où il est refroidi par un réfrigérant mixte (MR). En suite le gaz d'alimentation quitte le faisceau chaud et entre dans le faisceau froid où il est encore refroidi par un réfrigérant mixte, et sort au sommet du MCHÉ en un liquide sous-refroidi à une température de -145 °C. L'écoulement du gaz naturel liquéfié (GNL) sortant du MCHÉ passe à travers la Turbine Hydraulique de GNL où la pression est réduite, ensuite il est envoyé au Ballon de Récupération d'Hélium. Le GNL sortant du fond du Ballon de Récupération d'Hélium alimente la Colonne de Désorption d'Azote afin de réduire le contenu en Azote dans le GNL produit et atteindre la

spécification désirée. Par l'intermédiaire de la Pompe de Produit GNL, le GNL produit s'écoule à travers la ligne de transfert vers les Bacs de Stockage de GNL (Unité 71) où il est stocké à une température de -161°C et une pression de 1,06 bar.

Unité 71 : Stockage du gaz naturel liquéfié Les unités de stockage et chargement du GNL sont alimentées à travers la ligne intermédiaire du GNL provenant de l'unité 15. Elles sont conçues pour assurer le stockage du produit et ainsi, permettre la production continue provenant des trains de procédé du GNL avec un chargement intermittent des bateaux.

L'unité 71 est généralement actionnée dans deux modalités différentes :

- Mode de retenue : La période entre les transferts de cargaison, le système de chargement est maintenu froide par la circulation du GNL pour éviter les fluctuations de température.
- Mode de chargement : La période où le navire-citerne à GNL est amarré à la Jette GNL, le GNL est transféré des réservoirs de stockage du GNL au navire-citerne GNL. Deux réservoirs de stockage de GNL, sont en mesure de loger $160,000\text{ m}^3$ chacun de volume de travail du GNL.

Dans chaque réservoir de GNL quatre pompes de chargement du GNL, sont installées avec une capacité nominale simple de $2000\text{ m}^3/\text{h}$. Le GNL est chargé dans le navire à travers trois bras de chargement de GNL, un bras hybride de gaz et de liquide est également installé comme réserve avec un bras de retour des vapeurs utilisé pour récupérer la vapeur évaporée du navire et engendrée pendant l'opération de chargement. Les réservoirs GNL sont fournis d'une protection à vide de telle manière qu'en cas de réduction de pression le gaz provenant du système du gaz combustible ou du gaz d'alimentation puisse être utilisé. Les unités de stockage et chargement du GNL sont alimentés à travers la ligne intermédiaire du GNL provenant de l'unité 15. Ainsi le schéma suivant récapitule les différentes phases depuis l'entrée du gaz jusqu'au stockage et aussi son exportation :

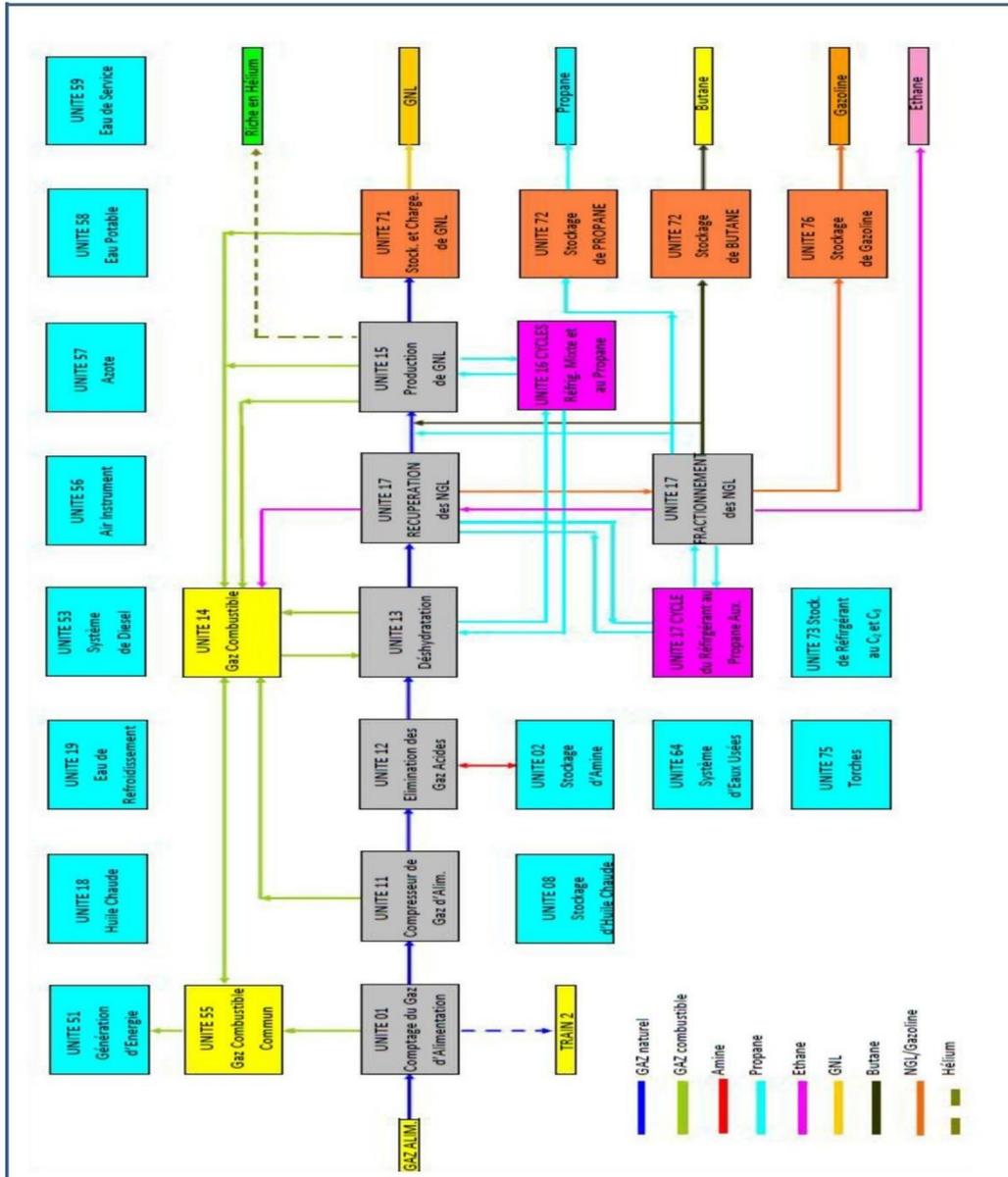


Figure 2-4 : cycle de production du GNL

2.3 Exploitation du système étudié [17] :

2.3.1 Généralité :

2.3.1.1 Historique des bacs de stockage :

Le but de la mention de l’historique des bacs de stockage du gaz naturel liquéfié est d’avoir une idée globale sur l’ensemble de l’évolution des procédures de sécurité mises en place pour réduire le taux de dangers et d’accidents survenus dans la zone de stockage au sein des complexe d’hydrocarbures au cours des années 1940 :

A cette époque, il n'était question ni de terminaux de GNL, ni de transport transocéanique. Le but des stockages était l'écêtement des pointes.

Après quatre années d'opération, l'effondrement pratiquement instantané du réservoir dont la cause principale était le choix d'un acier inadapté (3,5% de Nickel) comme matériau de la cuve contenant le GNL se fragilisant aux très faibles températures. Un tel accident est rendu impossible de nos jours, par le développement de normes adressant dans les détails les critères de sélection des matériaux de construction.

1964-1965 :

Première usine de liquéfaction en Algérie (Camel).

Premier terminal de réception en France au Havre et à Canvey Island au Royaume Unis.

1977 :

Explosion du réservoir Propane de l'usine GPL d'Umm-Said au Qatar.

Perte de confinement d'un réservoir à simple intégrité dont la cause principale résultait d'une fissure s'étant propagée jusqu'à créer une large fente verticale. Un tel accident est rendu impossible de nos jours, par le recours à des concepts de réservoirs beaucoup plus fiables (ajout d'un deuxième contenant du liquide) couplé à l'utilisation de matériaux ayant une propriété de non propagation de fissure (ex. acier 9% de Nickel).

Années 1980 :

Le stockage cylindrique a pris le pas sur le stockage sphérique et la barre des 150.000 m³ est atteinte.

A titre de mémoire, on parle aujourd'hui de capacité de 160 à 250.000 m³ et ce en relation à des critères de sécurité toujours plus sévères.

2.3.2 Caractéristiques des réservoirs de stockage du GNL :

L'idée de base était de bénéficier d'une des spécificités du méthane selon laquelle sous pression atmosphérique 1 m³ de liquide équivaut à 580 m³ de vapeur, ce qui a permis de stocker dans des réservoirs de taille relativement réduite des quantités considérables de gaz. Alors les réservoirs de stockage représentent un investissement substantiel, typiquement de l'ordre de 25% d'un terminal de réception de GNL. Les réservoirs GNL doivent être conçus pour :

- Contenir le liquide et la vapeur à température cryogénique en conditions normales d'opération.
- Permettre l'évacuation contrôlée du gaz d'évaporation (maintien de la pression).
- Permettre le remplissage et le soutirage du GNL.
- Minimiser les entrées de chaleur dans une gamme compatible avec les exigences d'évaporation spécifiées.

- Résister aux endommagements qui pourraient conduire à une perte de capacité de confinement résultant de scénarios accidentels (internes et externes).
- Fonctionner dans la plage de pression de fonctionnement défini à l'avance.
- Empêcher la création de (condensation / givre) à la surface externe, et ce plus particulièrement pour ce qui est de la fondation (si dalle surélevée).

2.3.3 Classification des réservoirs cryogéniques :

Les critères de classification sont au nombre de deux :

- La capacité à contenir le liquide,
- La capacité à contenir la vapeur.

Selon ces critères de classification on distingue trois grandes classes de réservoir de GNL :

- Réservoir à double intégrité.
- Réservoir à intégrité totale.
- Réservoir à membrane.

2.3.3.1 Réservoir à double intégrité :

Un réservoir à double intégrité est composé :

D'une enceinte primaire autoporteuse en acier spécial capable de contenir le liquide réfrigéré en conditions normales de fonctionnement.

D'une enceinte secondaire autoporteuse pourvue d'un dôme hémisphérique capable d'assurer les fonctions suivantes :

- En service normal : contenir la vapeur.
- En cas de fuite de l'enceinte primaire : contenir la totalité du liquide réfrigéré, mais ne permettant pas de contenir la vapeur provenant de cette fuite.

Ce type de réservoir est constitué de :

1. Enceinte primaire (acier spécial)
2. Enceinte secondaire (béton)
3. Isolation de fond
4. Fondation
5. Système de réchauffage de dalle
6. Joint de confinement de l'isolation
7. Toit suspendu + isolation supérieure

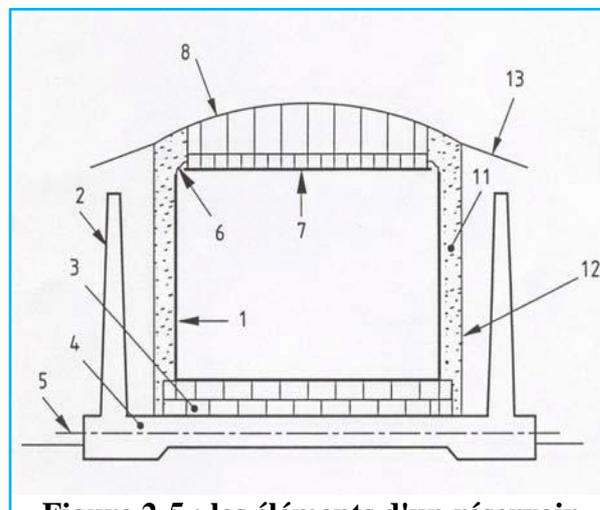


Figure 2-5 : les éléments d'un réservoir double intégrité

8. Dôme Hémisphérique (acier ordinaire)

11. Inter-espace remplis d'isolation

12. Robe extérieure (acier ordinaire)

13. Ecran anti-pluie

2.3.3.2 Réservoir à Intégrité Totale :

Un réservoir à intégrité totale doit être composé de :

- D'une enceinte primaire autoporteuse en acier spécial capable de contenir le liquide réfrigéré en conditions normales de fonctionnement.

- D'une enceinte secondaire autoporteuse en béton pourvue d'un dôme hémisphérique capable d'assurer les fonctions suivantes :

- En service normal :

- Contenir la vapeur
- Eviter la perte de capacité de confinement à la suite d'un scénario accidentel résultant d'une agression extérieure (impact, feu...).

- En cas de fuite de l'enceinte primaire :

- Contenir la totalité du liquide réfrigéré,
- Contrôler l'évacuation de la vapeur provenant de cette fuite et ce sans que la capacité structurelle de contenant de la vapeur ne soit affectée.

Ce type de réservoir est constitué de :

1. Enceinte primaire (acier spécial)

3. Fondation

4. Système de réchauffage de dalle

5. Joint de confinement de l'isolation

6. Joint de confinement de l'isolation

7. Toit suspendu + isolation supérieure

10. Dôme Hémisphérique (béton armé)

11. Enceinte secondaire (béton précontraint)

12. Inter-espace de 1m remplis d'isolation.

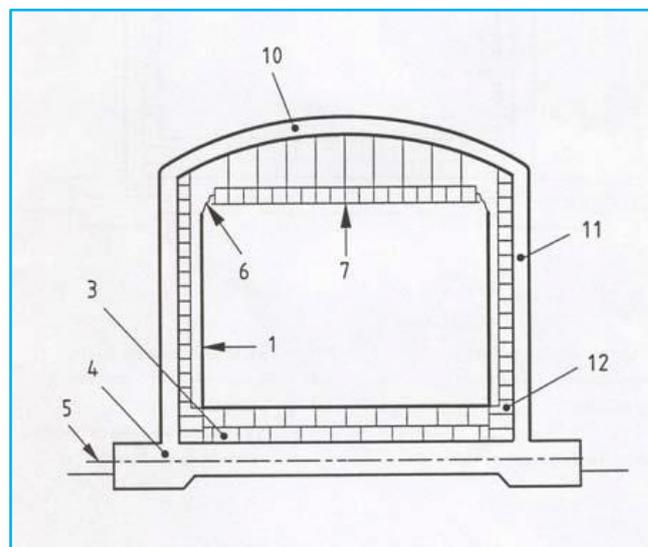


Figure 2-6 : Les éléments d'un réservoir à intégrité totale

L'utilisation d'une enceinte secondaire entièrement en béton permet d'augmenter la sécurité en isolant le réservoir des agressions extérieures accidentelles (ex. impact de feu adjacent...)

2.3.3.3 Réservoir à membrane :

Au contraire du réservoir à intégrité totale, le réservoir membrane est basé sur la séparation des fonctions structurelle et d'étanchéité.

La fonction structurelle est réalisée par une enceinte auto porteuse en béton similaire en tout point à l'enceinte secondaire d'un réservoir à intégrité totale.

En service normal, la fonction d'étanchéité au liquide et à la vapeur est réalisée par une membrane qui constitue conjointement avec le toit hémisphérique auquel elle est soudée a une enceinte fermée.

En cas de fuite de la membrane, l'enceinte béton :

- Contiendra la totalité du liquide réfrigéré,
- Contrôlera l'évacuation de la vapeur provenant de cette fuite et ce sans que la capacité structurelle de contenant de la vapeur ne soit affectée.

Ce type de réservoir est constitué de :

1. Enceinte primaire (membrane)
2. Enceinte secondaire (béton précontraint)
3. Isolation inférieure
4. Fondation
5. Système de réchauffage de dalle
6. Joint d'étanchéité
7. Toit suspendu + isolation supérieure
8. Dôme Hémisphérique (béton armé)
9. Isolation latérale

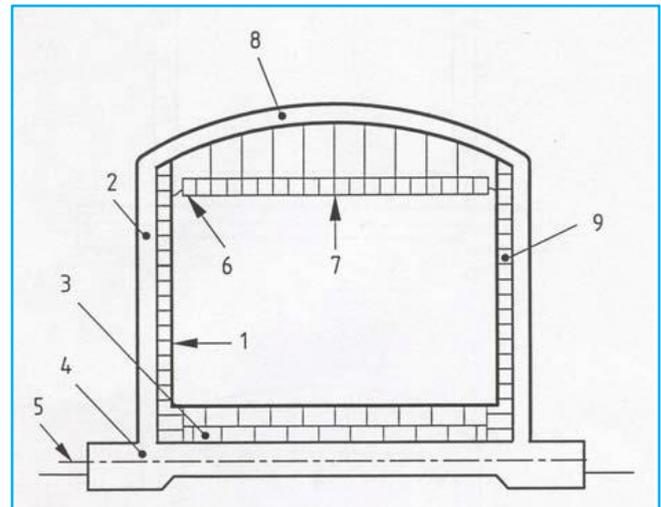


Figure 2-7 : Les éléments d'un réservoir à membrane

2.3.4 Phénomènes liés aux stockages du GNL :

2.3.4.1 Dispersion d'un nuage de gaz :

Le gaz naturel n'est inflammable que dans une gamme étroite de concentration dans l'air (5 %(LIE) à 15 %(LSI)) une fuite peut conduire à la formation d'un nuage de gaz lourd dont la dispersion est alors ralentie en raison des effets gravitaires, ou d'un nuage de gaz dont les caractéristiques pourront être apparentées à celles de l'air ambiant. Selon les conditions de rejet, les conditions météorologiques, le milieu dans lequel le nuage va évoluer, ce dernier se comportera différemment et les conséquences sur les populations seront variables. En effet, la quantité (débit à la brèche), la cinétique de l'émission (rejet continu ou instantané) et l'état physique du produit émis à l'atmosphère conditionnent de façon prépondérante la formation du nuage et la dispersion qui en découle.

2.3.4.2 Feu de nappe : (pool fire) :

Le terme « feu de nappe », ou « feu de flaque », décrit un incendie résultant de la combustion d'une nappe de combustible liquide. Ce phénomène implique principalement la surface de la nappe en contact avec l'air. Si du GNL est déversé près d'une source d'inflammation, le gaz qui s'évapore et se mélange à l'air dans des proportions permettant la combustion, s'enflammera au-dessus de la nappe de GNL. Les feux de nappe de GNL génèrent un rayonnement thermique important. En revanche, les grands incendies de GNL ont tendance à produire de la fumée. Cette fumée absorbe une fraction importante des radiations thermiques et réduit le rayonnement vers l'extérieur.

2.3.4.3 Explosion d'un nuage de vapeur ou VCE :

Ce phénomène peut se produire après déversement sans inflammation, évaporation du GNL, Formation d'un nuage de vapeur puis déplacement de ce nuage vers des zones où peut se produire son inflammation. La conséquence de ce phénomène est la surpression générée lors de l'inflammation du nuage. Cet accident peut engendrer des effets comme :

- Surpression due principalement au déplacement de la flamme dans le nuage de vapeur de GNL.
- Effet thermique ressenti à l'intérieur et au proche voisinage du nuage.

2.3.4.4 Flash fire :

Un Flash Fire est un feu qui se propage rapidement dans un combustible dispersé, tel que la poussière, le gaz ou les vapeurs d'un liquide inflammable, sans production de pression nuisible.

2.3.4.5 Feu de torche ou feu chalumeau (jet fire) :

Les feux torche ou feux chalumeau, phénomènes potentiellement dévastateurs en milieu industriel, sont le résultat de fuites accidentelles de fluides inflammables au contact d'une source d'inflammation, ces fuites produisent des jets enflammés à fort pouvoir calorifique pouvant occasionner de graves avaries sur le reste de l'installation, et donc conduire à la propagation de l'incendie ou provoquer de nouveaux accidents tels que le phénomène de BLEVE (Boiling liquid expanding vapor explosion)

2.4 Exploitation du système étudié [18] :

2.4.1 Emplacement du bac :

Les bacs de GNL se situent au nord du train de liquéfaction et au sud de la baie d'Arzew.



Figure 2-8 : Emplacement des bacs de stockage



Figure 2-9 : Bac GNL vue de l'extérieur.

2.4.2 Installation du bac de stockage :

Tableau 2-1 : Installation des bacs de stockage du complexe GL3-Z.

| Installation | Description | Données |
|-------------------------|---------------------------|--|
| BACS DE STOCKAGE GNL | Type intégrité totale | 2 bacs de stockage de type intégrité totale de capacité 160000 m³ chaque bac. Diamètre interne : 81 m Hauteur du réservoir interne : 35.130 m Diamètre externe : 83 m |
| | Matériaux de construction | Réservoir interne (cuve autoportante en alliage 9% Ni) -Epaisseur des tôles de robe (10mm) -Epaisseur des Tôles de fond (5mm) Réservoir externe et toit en béton armé (800mm) |

| | |
|---------------------------------------|---|
| Calorifugeage | Espace annulaire : laine de verre et perlite Espace au fond : verre cellulaire de type FOAMGLAS + couche de feutre bitumineux. Environ 2 m entre les parois des deux réservoirs. |
| Raccords | 01 raccord d'admission et de sortie, de 18" , au fond |
| | 01 raccord de remplissage de GNL par le haut, de 18" |
| | 01 raccord de mise en froid de 4" |
| | 01 raccord admission/refoulement des vapeurs (BOG) de 30" |
| | 01 raccord de purge sur le calorifugeage du fond de 2" |
| | 01 raccord de purge sur l'espace annulaire de 4" |
| Pression et température de conception | Température de conception : -170°C Pression maximale de calcul : 290 mbarg Pression minimale de calcul : -15 mbarg Point d'ignition : -188 °C |
| Protection contre la surpression | 05 soupapes de 16" y compris une en réserve ,réglées à 265 mbarg |
| Protection casse-vide | 09 soupapes casse-vide de 14" y compris une en réserve, réglées à 6,25mbarg |
| Fondation | Le réservoir est fondé sur une dalle (en béton armé) reposant sur le sol. La dalle est protégée d'une fuite de GNL par une double couche de plaques d'acier à 9% nickel associée à une isolation de verre cellulaire. |

2.4.3 Les équipements associés au bac de stockage :

Tableau 2-2 : Equipement associés au bac de stockage.

| Installation | Description | Données |
|-------------------------------|-------------------------|---|
| Pompes associées aux bacs GNL | Pompes de chargement | 4 pompes y compris une pompe de réserve. Capacité de calcul : 2000 m3 /h |
| | Pompe de transfert bacs | / |
| | Pompes de retour GNL | 03 pompes y compris une pompe de réserve. Capacité de calcul : 30 m3/h Pompe d'aspiration : barg et bars de pression différentielle |
| | Pompes de recyclage GNL | / |

| | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|---|
| Compresseurs associés aux bacs de GNL | Compresseurs vaporisant (BOG) | 03 compresseurs BOG y compris un BOG réserve Capacité de calcul : 17550 m³/h. Pression différentielle : 30.6 bar. |
| Torche associée aux bacs de GNL | Tuyauterie et robinetterie | Les BOG en excès sont transférés à l'unité par la ligne de gaz d'alimentation, une partie de cet excédent est ramenée à l'unité 17. |

2.4.4 Moyen de détection :

Tableau 2- 3 : Moyens de détection.

| Installation | Moyens de détections | | Nombre et Système de commande |
|----------------------|--|--|--|
| Bacs de stockage GNL | Détection de niveau | Boucle de Contrôle de Très haut niveau | Transmetteurs, régulateurs de niveau Fermeture automatique de l'ESDV sur la ligne de remplissage GNL Action des régulateurs |
| | Détection de pression | Boucle de contrôle de pression | Transmetteurs, régulateurs dépression Ouverture des vannes de BOG vers circuit torche. Ouverture des soupapes de surpression |
| | Détection de température | Boucle de contrôle température | Transmetteurs, régulateurs de température Fermeture des vannes de remplissage de GNL |
| | LDT (Level Density Température) | Sonde | Transmetteur de niveau Densité et Température |

2.4.5 Moyens d'intervention :

Tableau 2- 4 : Moyens d'interventions.

| Installation | Moyen d'intervention | | Système de commande |
|------------------|-------------------------------|--|---|
| Bacs de stockage | Système d'injection de mousse | Générateur de mousse à haut foisonnement | Déclenchement par un signal de basse température dans le bassin de rétention (à l'entrée). Déclenchement commandé du DCS ou manuellement |

| | | | |
|-----|----------------------------------|--|---|
| GNL | Système de refroidissement | Pulvérisateur d'eau pour le dôme et la plateforme | Déclenchement commandé du DCS |
| | Système de poudre chimique sèche | 4 réservoirs de poudre et des bouteilles d'azote installées sur les soupapes d'évent | Déclenchement commandé du DCS ou manuellement |

Conclusion :

Notre choix c'est porté sur **l'un des bacs de stockage du GNL** qui représente un des équipements très pertinents étant donné de la nature à haut risque des matières présentes et leurs quantités importantes.

Chapitre 3 : Application du HAZOP et APR sur le système.

Introduction :

Ce chapitre constituera l'ensemble des résultats obtenus par l'évaluation des risques que nous avons effectué sur le bac de stockage de GNL MF01.

3.1 Choix des méthodes d'analyse des risques utilisés dans notre étude :

Dans le cadre de notre étude, nous allons dans un premier temps, commencer notre évaluation de risques par une Analyse Préliminaire des risques **APR** afin d'identifier premièrement les situations dangereuses susceptibles d'être directement ou par effets dominos l'origine d'un accident.

Par la suite, nous finaliserons notre travail par l'utilisation de l'analyse par **HAZOP**, qui nous permettra d'identifier plus en détail les causes et les conséquences possibles afin de déduire les scénarios catastrophiques possible

3.2 Choix de la matrice :

Nous avons choisi de travailler avec la matrice définie par SONATRACH, utilisée dans le référentiel identification des dangers et évaluation des risques.

| | | | | | PROBABILITÉ | | | | |
|------------------|--|-----------------------|---------------|----------------------|--|--|---------------------------|---|--|
| | | | | | IMPROBABLE | ELOIGNE (remote) | OCCASIONNELLE | PROBABLE | FREQUENT |
| GRAVITE | population | Assets | Environnement | Réputation | Survenu dans l'industrie mondiale mais pas à SONATRACH | Survenu dans un autre site de la SONATRACH | Survenu dans le même site | Survenu plusieurs fois dans l'année dans le même site | Survenu plusieurs fois dans l'année dans le même endroit ou durant la même opération |
| 5-Catastrophique | Plusieurs fatalités | Domage très important | Effet massif | International impact | | | | | HIGH |
| 4-Sévère | Une fatalité ou une invalidité permanente | Domage important | Effet majeur | National impact | | | | | |
| 3-Critique | Blessure grave ou des effets sur la santé | Domage limité | Effet limité | Impact considérable | | | | | |
| 2-Marginal | Blessure mineur ou des effets sur la santé | Domage mineur | Effet mineur | Impact mineur | LOW | | | | |
| 1-Négligeable | Blessure légère ou des effets sur la santé | Damage léger | Effet léger | Impact léger | | | | | |

Figure 3-1 : Matrice d'évaluation des risques [18].

3.2.1 Interprétation de la matrice

Trois niveaux de risque sont définis selon la position dans la matrice :

- Zone en rouge « HIGH » : zone de risque élevé accidents « inacceptables » susceptibles d'engendrer des dommages sévères pour les personnes dans et hors des limites de propriété SONATRACH AVAL.

- Zone en jaune « ALARP » : Les scénarios dans cette zone doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation (ALARP (As Low As Reasonably Practicable)).

- Zone en vert « LOW » : zone de risque moindre accidents « acceptables », le risque est maîtrisé.

3.3 Données exploitées

Durant notre étude nous avons exploité les données suivantes :

- Schéma P&ID de l'unité de stockage et de chargement (Unité 71).
- Schéma du complexe GL3/Z.
- Manuel opérationnel de l'unité 71.
- Matrice cause et conséquences.

➤ D'autre étude faites sur le bac de stockage

3.4 Application de l'APR sur le bac de stockage MF01

Les résultats sont synthétisés dans les tableaux présentés ci-dessous.

Chapitre 3 : Application du HAZOP et APR sur le système

| |
|---|
| Company: Complexe GL3Z SONATRACH |
| Business Unit: Unit 71 (stockage et chargement GNL) |
| Project ID: 71-GD-B-(86901-86902-86913-86914) |
| Project Name: APR BAC DE STOCKAGE |
| Start Date: 01/09/2020 |
| End Date: 14/09/2020 |

| Systeme | Sous-systeme | Evenements redoutés | Details | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Safeguard | Recommendations |
|--------------------------|---------------------|------------------------|-----------------|--|---|-----------------------|---|----|--|-----------------|
| | | | | | | S | L | RR | | |
| 1 Bac de . stockage MF01 | 1 Bac de . stockage | 1 Perte . d'étenchiété | *Sous- pression | *Baisse de niveau *Baisse de pression sur collecteur d'alimentation GNL | *Création du vide dans le bac *Fuite GNL | 4 | B | B4 | 1 Prevention : *PALL5009 *PV5011/5012 *LALL5002, *PV5031; *PRV 5002 A:H (casses vide) Intervention : *ESDV0008 *ESDV0011 *ESDV0014 | |

| Systeme | Sous-systeme | Evenements redoutés | Details | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Safeguard | Recommendations |
|---------|--------------|---------------------|--|---|---|-----------------------|---|-----------|---|-----------------|
| | | | | | | S | L | RR | | |
| | | | *Surpression | *Excès de GNL du train de production *Erreur d'indication de niveau LT5001) *GNL chaud en provenance d'un train de liquéfaction | *Débordement du bac *Endommagement compresseur *Envoi de GNL vers boil-off *Risque de fissuration du bac | 5 | B | B5 | 1 Prévention : *PV5010 *PAHH5006 *LAHH5002 intervention *ESDV0005 *ESDV0083 *ESDV0002 | |
| | | | *Fuite de joint aux niveau de la soupape | *Vieillessement, *Mauvais serrage(erreur humaine), *Défaillance qualité joint | *Dispersion d'un nuage inflammable *UVCE / Flash Fire, feu torche | 4 | B | B4 | 1 *Formation et qualification du personnel *Cuvette de retention *Maintenance *Inspection visuelle | |

| Systeme | Sous-systeme | Evenements redoutés | Details | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Safeguard | Recommandations |
|---------|--------------|---------------------|-----------------------------------|--|--------------------------|-----------------------|---|----|--|-----------------|
| | | | | | | S | L | RR | | |
| | | | | | | | | | *Lignes cryogéniques soudées *Système de détection d'incendie et de gaz / *Système anti-incendie | |
| | | | *Cavitation de la pompe | *Surchauffe du GNL dans la pompe | *Implosion *explosion | 5 | A | A5 | 1 *Système de détection d'incendie et de gaz / *Système anti-incendie | |
| | | | *Arret système de refroidissement | *Mauvaise maintenance *Panne électrique | *Eclatement du bac | 4 | B | B4 | 1 *Maintenance *Inspection visuelle | |

| Systeme | Sous-système | Evenements redoutés | Details | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Safeguard | Recommendations |
|---------|--------------|---------------------|---------------------|--|---|-----------------------|---|----|--|--|
| | | | | | | S | L | RR | | |
| | | | *Corrosion interne | *GNL corossif | *Fuite GNL *Dispersion d'un nuage inflammable, *UVCE / Flash Fire, feu torche | 4 | A | A4 | *Inox (9% nickel) *Plan d'inspection | |
| | | | *Corossion externe | * Atmosphère saline *Humidité élevée | *Fuite GNL *Dispersion d'un nuage inflammable, *UVCE / Flash Fire, feu torche | 4 | C | C4 | *Peinture anticorrosion *Maintenance *Inspection visuelle" | |
| | | | *Aggression extreme | *Effet domino *Incident dans une installation voisine | *Fuite GNL | 3 | B | B3 | *Cuvette de rétention | Mettre en place des caméras de surveillance antidéflagrantes |
| | | | *Foudre/séisme | *Condition climatique | *Fuite GNL , *Dispersion d'un nuage inflammable | 3 | A | A3 | *Mise à la terre | *Mise en place de système parafoudres |

| Systeme | Sous-systeme | Evenements redoutés | Details | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Safeguard | Recommandations |
|---------|----------------------------|----------------------|-----------------------|--|---|-----------------------|---|----|--|--|
| | | | | | | S | L | RR | | |
| | | | | | | | | | *Générateur de secours | |
| | 2 Canalisation cryogénique | 1 perte d'étanchéité | *Corrosion externe | *Atmosphère saline *Humidité élevée | *Dispersion d'un nuage inflammable, *UVCE / Flash Fire, feu torche | 3 | C | C3 | *Peinture anticorrosion *Maintenance *Inspection visuelle | |
| | | | *Rupture canalisation | *Fragilité des matériaux *choc thermique | *Dispersion d'un nuage inflammable *UVCE / Flash Fire, feu torche | 4 | B | B4 | *Maintenance *Inspection visuelle *Système de détection d'incendie et de gaz / *Système anti-incendie | |
| | | | *Agression externe | *Effet domino *Incident dans une installation voisine | *Dispersion d'un nuage inflammable | 3 | B | B3 | *Système de détection d'incendie et de gaz / | Mettre en place des caméras de surveillance antidéflagrantes |

| Systeme | Sous-systeme | Evenements redoutés | Details | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Safeguard | Recommendations |
|--------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|--|--------------------------------|-----------------------|----|--------------------------|------------------------|-----------------|
| | | | | | | S | L | RR | | |
| | | | | | *UVCE / Flash Fire, feu torche | | | | *Système anti-incendie | |
| 3 Systeme d'alimentation | 1 perte d'utilité | *Electricité | *Defaillance d'alimentation | *Arret de production | 1 | B | B1 | | | |
| | | *Azote | *Defaillance d'alimentation | *Risque d'infiltration d'air humide dans la double enveloppe - *Formation de glace, corrosion | 2 | B | B2 | *Ligne de secours azote | | |
| | | *Air instrument | *Defaillance d'alimentation | *Arret de production | 1 | B | B1 | *Ballon de reserve d'air | | |

3.4.1 Interprétation des résultats

D'après les résultats du tableau APR on a obtenu :

- Deux évènements inacceptables
- Onze évènements en zone ALARP
- Deux évènements acceptables

Les évènements inacceptables représentent des lacunes considérables pour notre système et ils sont en priorité pour réduire vers une échelle plus basse

Quelques recommandations sont prescrites sur le tableau APR

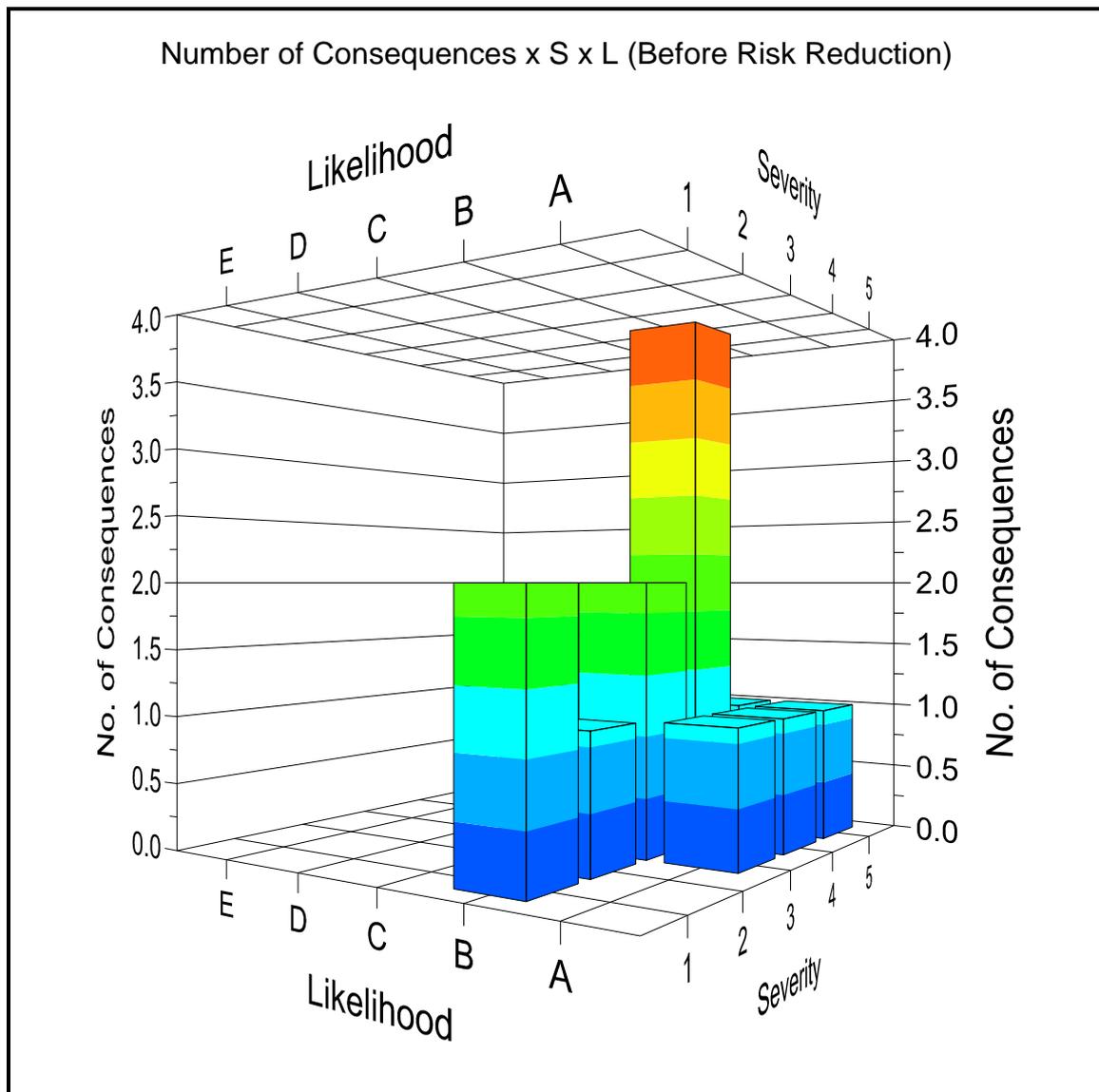


Figure 3-2 : Graphe nombre de conséquences en fonction de la gravité et de la probabilité SIDE 1

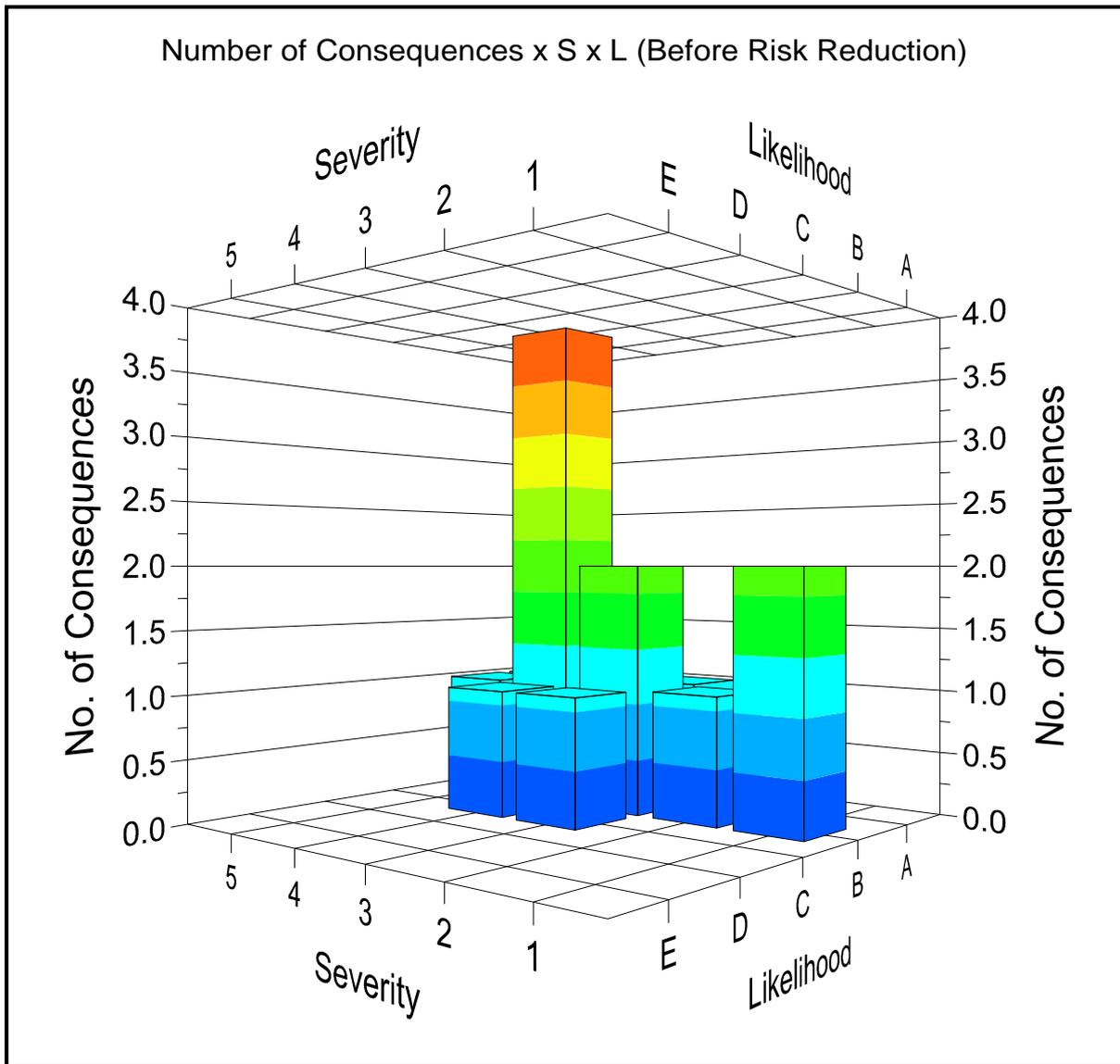


Figure 3-3 : Graphe nombre de conséquences en fonction de la gravité et de la probabilité SIDE 2

3.5 Conclusion

APR s'agit d'une méthode inductive, systématique et assez simple à mettre en œuvre. Elle constitue un outil de première analyse, elle nous a donc permis :

- D'identifier les phénomènes dangereux susceptibles de se produire suite à l'occurrence d'événements non désirés, eux-mêmes résultant de la combinaison de dysfonctionnements, dérives ou agressions extérieures sur le système,
- D'évaluer les événements indésirables suivant les deux composantes du risque (gravité et fréquence)

Cependant, l'APR s'est révélée trop macroscopique et ne convient donc pas pour une analyse détaillée des risques. Nous avons de ce fait, choisi de compléter cette APR par une HAZOP, afin d'élaborer une analyse fonctionnelle détaillée et plus fine.

3.6 Application du HAZOP sur le bac de stockage MF01

| |
|---|
| Company: Complexe GL3Z SONATRACH |
| Business Unit: Unit 71 (stockage et chargement GNL) |
| Project ID: 71-GD-B-(86901-86902-86913-86914) |
| Project Name: HAZOP BAC DE STOCKAGE |
| Start Date: 17/09/2020 |
| End Date: 04/10/2020 |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|----------------------------|-----------------|--|--|-----------------------|---|----|---|-----------------|
| | | | | S | L | RR | | |
| 1 Bac de stockage 71-MF-01 | 1 Plus de débit | 1 Plus d'écoulement en provenant de l'unité 15 | *Augmentation de la pression dans le réservoir *Augmentation de la production de gaz évaporés puis une surpression *Augmentation de niveau dans le réservoir | 2 | B | B2 | 1 71-PAHH-5006 · 71-PAHH-5006 71-LAHH-5002 A/B/C | |
| | | 2 Plus d'écoulement en provenant des | *Augmentation de la pression dans la conduite | 2 | B | B2 | 1 71-FIC-5004 | |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|-----------|--|---|-----------------------|---|----|-----------------------|-----------------|
| | | | | S | L | RR | | |
| | | pompes 71-MJ09-A/B/C | *Feu de torche due a une fuite au niveau de la conduite | | | | | |
| | | 3 Les vannes HV5006 . A/B/C/D coincent fermé | *Augmentation de la vitesse de transfert provoque des vibration sur les pompes *Augmentation de la pression dans la conduite de refoulement des pompes de transfert *Possibilité de surcharge de la pompes à moteur électrique. | 3 | B | B3 | 171-VAHH- . 5001/5008 | |
| | | 4 Défaillance des . indicateurs de contrôle FV5002 A/B | *Perte d'indication de débit | 2 | B | B2 | | |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|--------------------------------|--|--|-----------------------|---|----|--|-----------------|
| | | | | S | L | RR | | |
| | 2 Moins / . pas de débit | 1 Faible/pas de débit . en provenance de l'unité 15 | *Diminution de niveau dans le réservoir *Evaporation puis une surpression *Augmentation de la pression dans le réservoir. | 5 | B | B5 | 1 71-LALL-5002 / 2. . 71-PIC-5010 / 3. 71- PAHH-5006 | |
| | | 2 Pas/Faible débit en . provenant de les pompes 71-MJ09- A/B/C/D | *Cavitations ou dommages potentiels des pompes. | 3 | C | C3 | 1 FALL0002 A/B/C . | |
| | | 3 Echec de l'ouverture . de HV5006 A/B/C/D sur le refoulement de circulation de la pompe. | *Évaporation dans le réservoir provoque une augmentation de la pression *Explosion | 2 | C | C2 | 1 71-PAHH-5006 . | |
| | | 4 ESDV0002 ou . ESDV0016 fermée ou semi fermée | *Retard dans les opérations de chargement | 2 | A | A2 | 1 ESDV0002. / . 2.ESDV0016 | |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|--------------------|---|---|-----------------------|---|----|--|--|
| | | | | S | L | RR | | |
| | | | *Pas de GNL | | | | | |
| | | 5 Défaillance des . indicateurs de contrôle | *Perte d'indication de débit | 3 | A | A3 | | |
| | | 6 Défaillance des . pompes de circulation 71-MJ01 A/B/C/D | *Endommagement des pompes 71-MJ01 A/B/C/D *Pas de GNL | 4 | B | B4 | 1 71-FIC-5002 . | 1 FIC en redondance 3. |
| | | 7 Débit des gaz . évaporés en entrée faible. | *Débit de gaz réduit vers l'aspiration du gaz comprimé pouvant provoquer une surpression. | 3 | B | B3 | 1 TI0012 / 0018 / 0022 . avec alarme élevée. FI0003, 4,5 A/B avec alarme faible. | |
| | | 8 MOV en amont de . la soufflante fermé. | *Dysfonctionnement ou dommages possibles de la soufflante. | 2 | B | B2 | 1 FI0006A/B avec . alarme faible. | |
| | 3 Haute . pression | 1 Pression/débit . élevée en | *Augmentation de niveau du fluide à | 5 | B | B5 | 1 LAHH5002 / . PAHH5006 | 1 Déclencher la vanne 2. d'arrêt d'urgence |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|-----------|--|--|-----------------------|---|----|--|---|
| | | | | S | L | RR | | |
| | | provenance de l'unité 15 | l'intérieur du réservoir *Explosion -Jet Fier - BLEVE | | | | | |
| | | 2 Fuite de GNL dans le réservoir interne | *Une surpression possible dans l'espace annulaire | 4 | B | B4 | 1 Alarme de haute pression PDT5005/5508. | 2 L'opérateur vérifie la fuite au moyen des capteurs de température (TE5008/5010 et TE5509/5511) situés autour de l'anneau de réservoir et le long de la paroi. |
| | | 3 Bouchage par corps étranger dans la ligne de circulation | *Rupture ou éclatement de la conduite *Explosion - Incendie | 2 | D | D2 | | |
| | | 4 Pression élevée en provenance des pompes 71-MJ09-A/B/C | *Rupture ou éclatement de la conduite *Explosion - Incendie | 3 | D | D3 | 1 | |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|-----------|---|---|-----------------------|---|----|---|---|
| | | | | S | L | RR | | |
| | | 5 Haute température du fluide dans la conduite ou dans le réservoir | *Evaporation puis explosion BLEVE | 2 | D | D2 | 1 TRV0001/2/4 | |
| | | 6 Défaillance du compresseur BOG | *Augmentation de la pression au-delà des conditions de calcul du réservoir et dommages possibles au réservoir *Fuite de GNL et explosion | 5 | B | B5 | 1 PI5006 avec alarme haute pression et PI5007 avec alarme très haute. UA0023B / 0026B / 0030B alarme en cas d'enclenchement des compresseurs. PI00045 avec alarme haute pression. | 1 L'opérateur s'assure que le compresseur BOG est en condition de chargement et que PV0002 évacue les BOG en excès vers la torche (80 mbarg). Vérifier l'isolation du réservoir en cas de très haute pression, en fermant PT5006. |
| | | 7 Défaillance des indicateurs de contrôle de pression (PT0004/PT0005/PY0005) et du compresseur. | *Pas d'indication de pression. | 2 | C | C2 | 1 PIC0002 avec alarme haute pression sur le collecteur BOG. PI0083/0085/0087 avec alarme haute pression, PI0003/0006/0007 | 3 L'opérateur vérifie que PIC0002 ouvre PV0002 vers la torche BP (à 80 mbarg) |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|------------------|---|--|-----------------------|---|----|---|--|
| | | | | S | L | RR | | |
| | | | | | | | avec alarme haute pression, PI0014/0020/0025 avec alarme haute pression | |
| | 4 Basse pression | 1 Pression/débit faible en provenance de l'unité 15 | *Diminution du niveau du fluide à l'intérieur du réservoir | 3 | B | B3 | 1 71- PIC 5010 avec alarme de basse pression. | 4 Vérifier que 15-MJ03A/B fonctionnent correctement. |
| | | 2 la vanne ESDV0002 coincé semi fermé | *Formation de vide dans le réservoir de stockage et des dommages et de l'effondrement possible (cuve intérieure et extérieure). *Feu et explosion | 3 | B | B3 | 1 ESDV 0005 et ESDV0083 | |
| | | 3 Fuite dans la ligne de chargement et les vannes de régulation | *Déversement des substances dangereux dans l'environnement. | 5 | B | B5 | 1 ESDV0002 avec alarme de | |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|-----------|--|--|-----------------------|---|----|--|--|
| | | | | S | L | RR | | |
| | | | *UVCE - Feu de torche *Dispersion du fluide puis une chute de pression | | | RR | discordance / 3. 71- PIC 5010 | |
| | | 4 Faible pression en provenance des pompes 71-MJ09-A/B/C | *Dommages à la pompe en raison de la faible pression d'aspiration | 3 | B | B3 | 1 | |
| | | 5 Dysfonctionnement du contrôle de pression IC0022 des compresseurs. | *Chute de pression dans le réservoir *Des fuites de GNL et un incendie. | 4 | B | B4 | 1 PI5009 avec alarme basse pression. PI5007 avec alarme basse pression. | 6 L'opérateur doit vérifier que PI5009/5012 déclenche le compresseur et les pompes au vu de la pression très basse, isolant ainsi les réservoirs et que le système sous vide PV5011/5504 s'ouvre à 20 mbarg, PV5012/5503 s'ouvre à 15 mbarg, PV5031/5515 s'ouvre à 5 |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|-----------|--|---|-----------------------|---|----|---|---|
| | | | | S | L | RR | | |
| | | | | | | | | mbarg et que l'alarme de basse pression pertinente s'allume. |
| | | 6 Démarrage du compresseur BOG de réserve | *La pression du collecteur BOG et du réservoir de GNL baisse. | 3 | B | B3 | 1 PI0004/0005 avec . alarme basse pression. | 7 L'opérateur vérifie le point de consigne du régulateur maître des compresseurs BOG. Arrêter le compresseur BOG de réserve qui est entré en fonction accidentellement. |
| | | 7 Dysfonctionnement du régulateur de pression PIC0026. | *Chute de pression dans le réservoir. | 3 | C | C3 | 1 PI5008/5511 avec . alarme basse pression. | 5 L'opérateur vérifie l'ouverture de PV0026A/B à l'aide du volant manuel, afin d'assurer le recyclage du BOG dans le collecteur. |
| | | 8 Défaillance des indicateurs de contrôle | *Perte d'indication de pression | 2 | C | C2 | | |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|---------------------|--|---|-----------------------|---|----|----------------------|--|
| | | | | S | L | RR | | |
| | 5 Haute température | 1 Température élevée en provenance des unités de traitement en amont | *Augmentation de la pression *Explosion -Incendie | 5 | B | B5 | 1 71-LAHH-5001 | |
| | | 2 Augmentation de la pression dans le réservoir | *Augmentation de la pression et évaporation élevée du fluide *Explosion -Jet Fier - BLEVE | 5 | B | B5 | 1 71-PAHH-5006 | |
| | | 3 Explosion ou incendie à l'extérieur de l'installation | *Augmentation de la pression *Explosion -Jet Fier - BLEVE - UVCE | 4 | C | C4 | 1 71-PAHH-5006 | 1 Système de déluge 4. performant , test périodique de ce système. |
| | | 4 Température élevée en provenance des pompes 71-MJ09-A/B/C | *Dommages possible à la pompe au démarrage *Augmentation de la pression *Explosion -Jet Fier - BLEVE - UVCE | 4 | B | B4 | 1 71-TAHH-0010A/B/C | 1 Système de déluge 5. performant , test périodique de ce système. 1 Vanne d'arrêt d'urgence 6. |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|-----------|--|---|-----------------------|---|----|---|--|
| | | | | S | L | RR | | |
| | | 5 Défaillance dans le système de chauffage de la dalle. | *Faible réchauffement du produit. | 3 | A | A3 | 1 TI5011/5512 avec alarme élevée. | 8 L'opérateur vérifie le système de chauffage de la dalle en remplaçant le système défaillant par le système de réserve. |
| | | 6 Le refroidissement du boîtier de la pompe n'est pas effectué. | *Dommages à la pompe. | 3 | B | B3 | 1 TI0053 A/B avec alarme de température élevée. | 9 L'opérateur vérifier les indicateurs de température du boîtier de chaque pompe. |
| | | 7 Le refroidissement des pompes 71/MJ09A/B/C n'est pas effectué de la bonne manière. | *Dommages possibles de la pompe au démarrage. | 3 | B | B3 | 1 TI0047A/B/C avec alarme élevée. | 1 Vérifier que la ESDV en 0. amont de la pompe est en position ouverte. Vérifier le niveau de GNL dans le boîtier de la pompe et s'assurer qu'il est entièrement rempli. |
| | | 8 Défaillance des indicateurs de contrôle | *Perte d'indication de la température | 2 | C | C2 | | |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|-----------------------|--|--|-----------------------|---|----|--------------------------------------|-----------------|
| | | | | S | L | RR | | |
| | 6 Basse . température | 1 Défaillance dans le système de chauffage de la dalle | *Gel du sol et dommage possible aux fondations | 4 | A | A4 | 1 TAL5011/5512 avec . alarme faible. | |
| | 7 Haut . niveau | 1 Débit élevée en . provenance de l'unité 15 | *Augmentation du niveau puis une fuite de liquide dans l'espace annulaire | 2 | B | B2 | 1 71-LAHH-5002 . | |
| | | 2 Débit élevé en . provenance des pompes 71-MJ09-A/B/C | *Endommagement des pompes 71-MJ09 - A/B/C | 3 | A | A3 | 1 FIC001 . | |
| | | 3 Défaillance des . pompes 71-MJ01-A/B/C/D | *Augmentation du niveau puis une fuite de liquide dans l'espace annulaire *Endommagement des pompes 71-MJ01/A/B/C/D | 3 | A | A3 | 1 71-LAHH-5002 . | |
| | | 4 Défaillance des . indicateurs de contrôle | *Perte d'indication de Niveau | 2 | C | C2 | | |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|----------------|--|---|-----------------------|---|----|----------------------|---|
| | | | | S | L | RR | | |
| | 8 Bas . niveau | 1 Débit faible en . provenance de l'unité 15 | *Diminution de niveau dans le réservoir *Évaporation du liquide puis une surpression | 3 | B | B3 | 1 PAHH-5006 | |
| | | 2 Défaillance des . pompes 71-MJ09-A/B/C | *Cavitation - Explosion *Endommagement des pompes | 4 | B | B4 | 1 FIC001 | |
| | | 3 Défaillance des . pompes 71-MJ01-A/B/C/D | *Diminution de la production *Endommagement des pompes 71-MJ01/A/B/C/D *Augmentation de la pression | 3 | A | A3 | 1 71-PAHH5006 | |
| | | 4 Fuite au niveau de . la conduite ou le réservoir interne 71-MF01 | *Diminution de la pression | 4 | C | C4 | 1 71-PALL5009 | 1 L'opérateur doit vérifier 1. que les indicateurs fonctionnent correctement, test périodique. |

| Node | Deviation | Causes | Consequence | Before Risk Reduction | | | Effective Safeguards | Recommendations |
|------|-----------|---|---|-----------------------|---|----|----------------------|-----------------|
| | | | | S | L | RR | | |
| | | | *Feu de nappe *Dommage environnemental | | | | | |
| | | 5 Défaillance des . indicateurs de contrôle | *Perte d'indication | 2 | C | C2 | | |

3.6.1 Interpretation des résultats :

D'après les résultats du tableau HAZOP on a obtenu :

- Huit évènements inacceptables
- Trente-sept évènements en zone ALARP
- Un seul évènement acceptable

Les évènements inacceptables comme cité précédemment représentent des problèmes considérables pour notre système et ils sont en priorité pour réduire vers une échelle plus basse quelque solutions proposées pour réduire le risque sont présentés dans le tableau dans la case recommandations

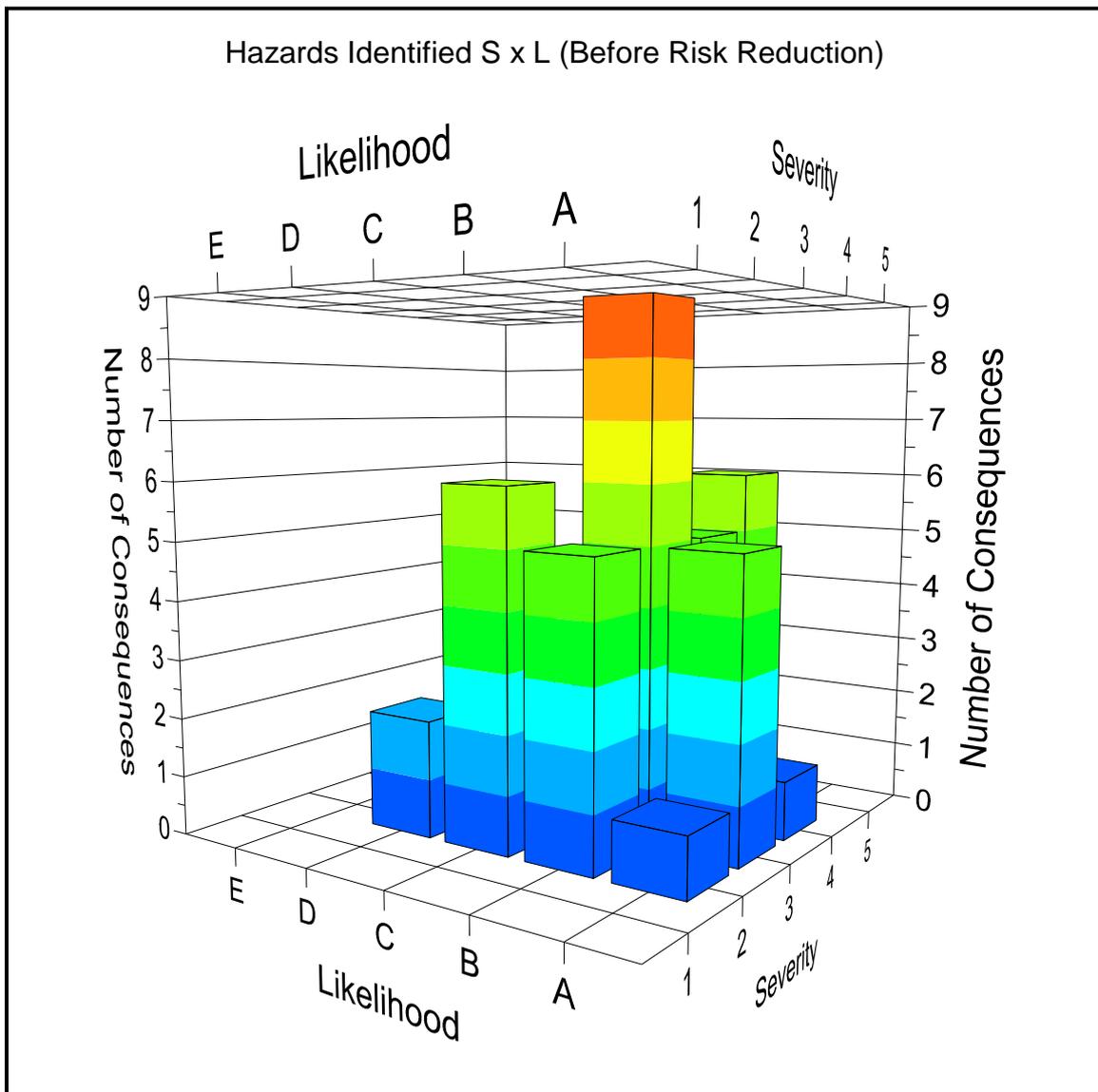


Figure 3-4 : Graphe nombre de conséquence en fonction de la gravité et la probabilité SIDE 1

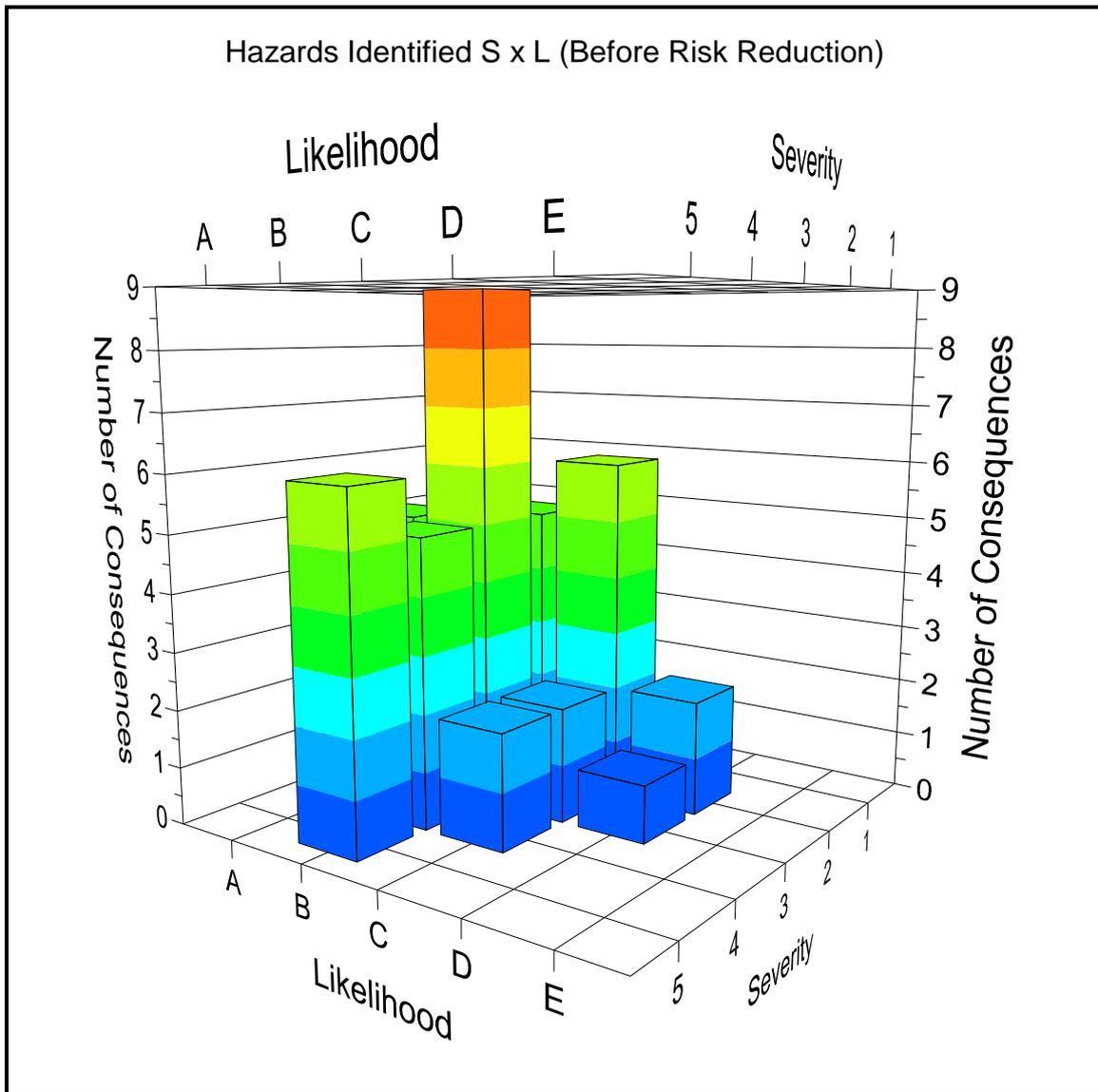


Figure 3-5 : Graphe nombre de conséquence en fonction de la gravité et la probabilité SIDE 2

3.7 Conclusion :

L'étude HAZOP n'est pas seulement un outil précieux pour la conception et le développement de nouveaux systèmes d'exploitation. Elle peut également être utilisée pour l'examen des dangers et des problèmes potentiels liés à différents états de l'exploitation d'un système donné (démarrage, attente, fonctionnement normal, arrêt normal, arrêt d'urgence, etc.).

L'application de l'HAZOP, nous a permis :

- D'identifier les dysfonctionnements de nature technique lié aux différents paramètres clés (température, débit, pression, niveau) dont l'enchaînement peut conduire à des événements non souhaités.
- Détermination des causes et des conséquences des perturbations susceptibles de survenir au cours de l'exploitation du bac de stockage, ce qui permet en fait, une analyse de l'intégrité opérationnelle du système étudié.
- L'examen de la probabilité d'occurrence et l'évaluation de la gravité des conséquences.

Chapitre 4 : Modélisation des conséquences

Introduction :

L'analyse des conséquences est une étape indispensable dans le processus de gestion des risques. Le présent chapitre, sera consacré à l'analyse des impacts potentiels en cas d'accidents ainsi que la modélisation des effets potentiels en utilisant le logiciel phast 8.0

Le programme de calcul PHAST simule la perte de confinement de la substance dangereuse (termes source : débit à la brèche, état physique du rejet, conditions de service... etc.), puis son évolution (formation d'un nuage, ...) et enfin les phénomènes dangereux associés (feu chalumeau, explosion, ...etc.).

4.1 Données climatiques [19] :

La dispersion d'un nuage de vapeurs de GNL est régie par **la force et la direction du vent, la stabilité atmosphérique** et, à moindre échelle, par **l'humidité relative et la température**. En cas de libération continue, un vent fort diluera le nuage formé.

Toutefois, dans le cas des libérations instantanées, un vent fort pourra transporter le gaz libéré sur une distance sous le vent avant qu'il n'ait eu le temps de se diffuser jusqu'à une concentration permettant d'éviter son inflammation. L'effet des directions du vent fait que seules les personnes en aval de la source du déversement dans la direction du vent seraient directement exposées au gaz libéré.

La stabilité atmosphérique affecte également la dispersion du nuage de vapeur. Une atmosphère instable, comme celle d'un jour ensoleillé, est très turbulente et dilue le nuage. Au contraire, une atmosphère stable, ce qui est fréquent la nuit, est peu turbulent. Du gaz qui s'échappe dans une atmosphère stable se diluera plus lentement que si le nuage était libéré dans une atmosphère instable.

Les données météorologiques utilisées dans cette étude sont basées sur les données climatologiques de la zone d'Arzew. Les moyennes obtenues pour le mois d'Aout :

- Température moyenne (°C) : 26,2
- Humidité relative moyenne (%) : 71
- Vitesse moyenne du vent (Km/h) : 8
- Direction dominante du vent (Aout) ; NNE (NordNordEst)
- Classe de stabilité atmosphérique : Classe C

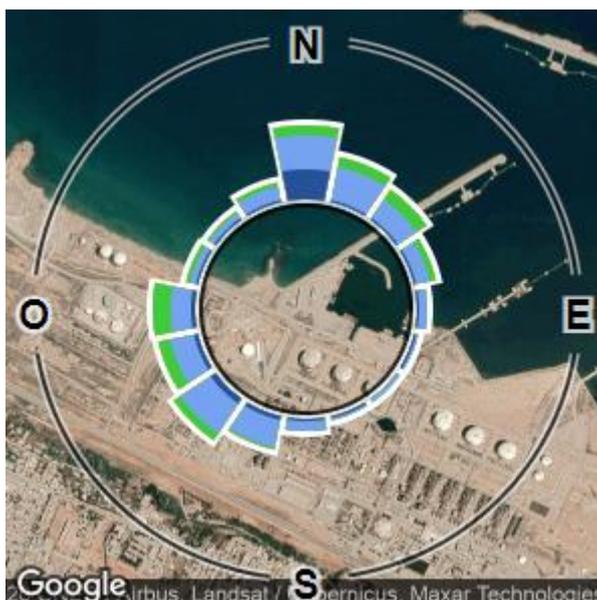


Figure 4-1 : Rose des vents de la région

4.2 Description de l'environnement humain :

Le complexe GL3/Z se trouve dans la le pôle industriel pétrochimique d'Arzew qui s'étend sur une superficie de 54,6 hectares.il est situé sur la zone industrielle d'Arzew dans le port **Arzew El Djedid**, à environ 5km de la ville **Béthioua** et 30 km à l'Est d'**Oran** .Le site est entouré par l'usine de **GPL** déjà existante **GP1Z** à l'Est, par la cote méditerranéenne au Nord. À l'ouest, le site est entouré par l'installation de dessalement (**Kharama**) et l'usine **GL2Z**.

Le pôle industriel d'Arzew englobe les communes d'Arzew, d'Ain El Biya, de Bethioua et de Mers El Hadjadj.

Le tableau suivant présente la démographie des agglomérations les plus proches du site.

| Agglomération | Nbr d'habitants |
|-----------------|------------------|
| Arzew | 93 483 habitants |
| Bethioua | 18 215 habitants |
| Ain El Bia | 32 611 habitants |
| Mers El Hadjadj | 14 167 habitants |

4.3 Description de l'environnement avoisinant le bac de stockage

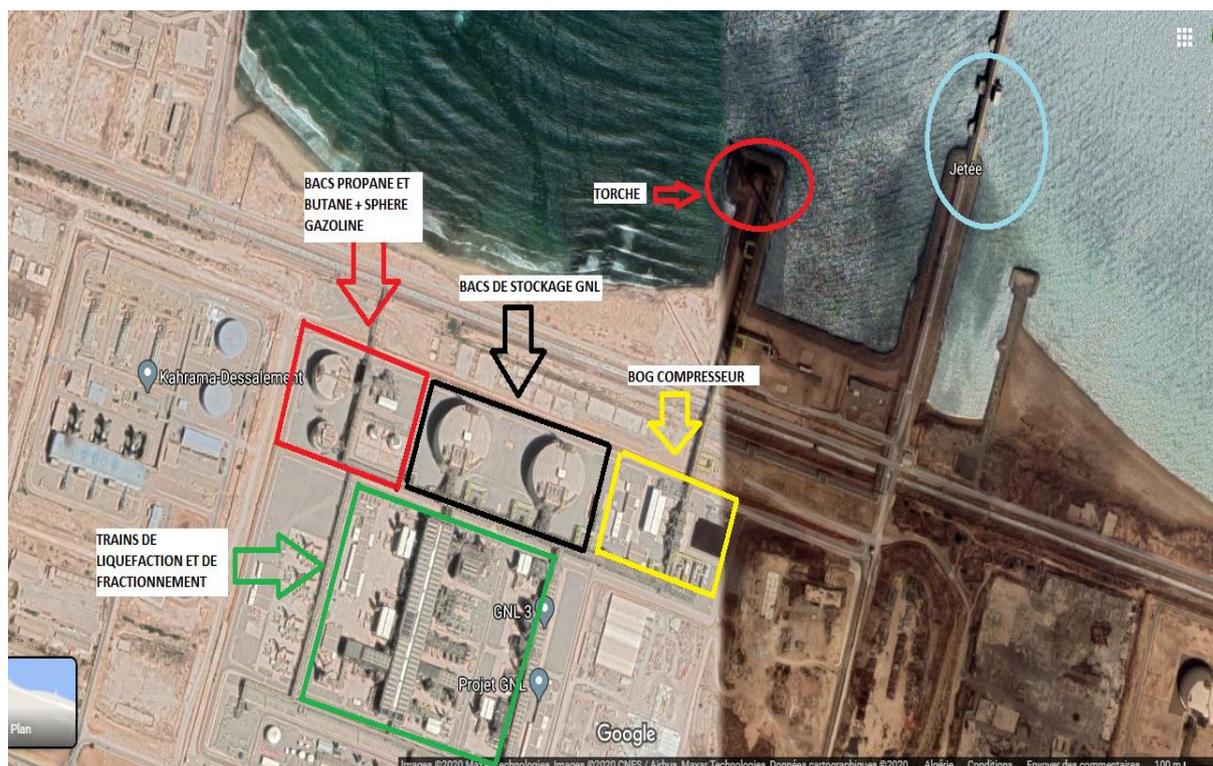


Figure 4-2 : Environnement avoisinant le bac de stockage.

4.4 Données physico-chimiques du produit [20] :

Il n'est pas toujours aisé de modéliser des mélanges complexes afin de simuler les effets d'un accident majeur. Pour pallier à cet inconvénient, les méthodes suivantes sont appropriées :

1. Choisir le composant dominant dans le mélange et modéliser la substance uniquement avec ce composant.
2. Choisir un composant pur dans la base de données dont les propriétés ressemblent à celles du mélange.
3. Choisir le composant dominant dans le mélange et ajuster ses propriétés physiques afin de prendre en compte l'effet des autres composants.

Le produit étudié dans notre système est le GNL.

Le GNL étant un mélange majoritairement composé de méthane avec quelques portions d'éthane et d'autres hydrocarbures simples nous allons le choisir comme composant dominant et procédé à notre modélisation uniquement avec ce dernier.

4.4.1 Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression et des effets thermiques

4.4.1.1 Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression [21] :

Les valeurs de référence pour les installations classées sont les suivantes :

1. Pour les effets sur les structures :

| Niveau de la surpression | Effets |
|--------------------------|---|
| 20 mbar | seuil des destructions significatives de vitres |
| 50 mbar | seuil des dégâts légers sur les structures |
| 140 mbar | seuil des dégâts graves sur les structures |
| 200 mbar | seuil des effets domino |
| 300 mbar | seuil des dégâts très graves sur les structures |

2. Pour les effets sur l'homme :

| Niveau de surpression | Effets |
|-----------------------|--|
| 20mbar | Seuils des effets irréversibles correspondant à la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme |
| 50mbar | Seuils des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine |
| 140mbar | Seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine |
| 200mbar | Seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine |

4.4.1.2 Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques [21] :

Les valeurs de référence pour les installations classées sont les suivantes :

1. Pour les effets sur les structures :

| Seuils thermiques | Effets |
|----------------------|--|
| 5 kW/m ² | Seuil des destructions de vitres significatives |
| 8 kW/m ² | Seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures |
| 16 kW/m ² | Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton |
| 20 kW/m ² | Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton |

| | |
|-----------------------|--|
| 200 kW/m ² | Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes. |
|-----------------------|--|

2. Pour les effets sur l'homme

| Seuils thermique | Effets |
|---------------------|---|
| 3 kW/m ² | Seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine |
| 5 kW/m ² | Seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine |
| 8 kW/m ² | Seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine |

4.5 Analyse des conséquences :

4.5.1 Scénario N°1 :

4.5.1.1 Description du scénario :

Le scénario développé dans cette section suit la chronologie suivante :

Fuite de 50 mm au niveau du bac de stockage à une hauteur de 35m, écoulement du GNL

4.5.1.2 Résultat obtenue pour scénario N°1 :

4.1.1.1.1 Dispersion :

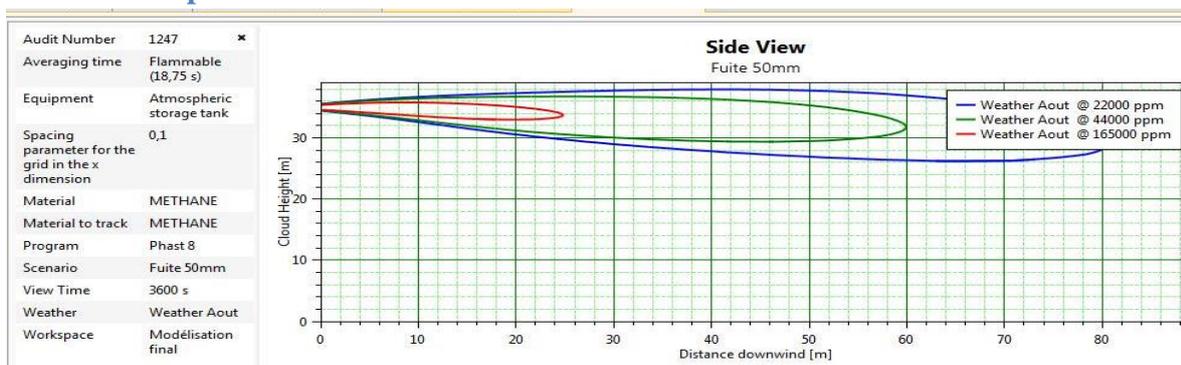


Figure 4-3 : les zones touchées pas le nuage gazeux

4.1.1.1.2 Jet inflammé (Jet fire) :

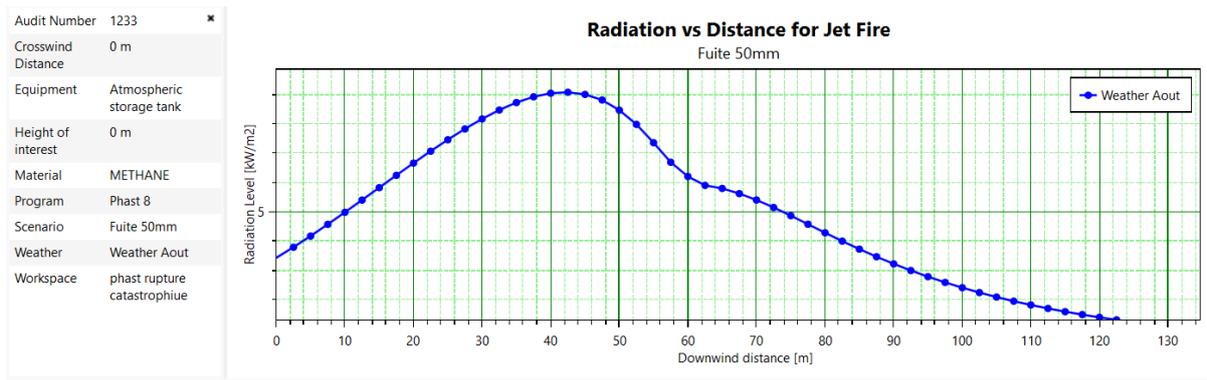


Figure 4-4 : radiation thermique engendré par jet fire

La figure ci-dessus montre l'évaluation du niveau de radiation thermique engendré par le feu torche en fonction de la distance on remarque que les radiations thermiques atteignent 10kW/m² a une distance de 40m qui peut atteindre quelques équipements avoisinants



Figure 4-5 : effet du jet fire

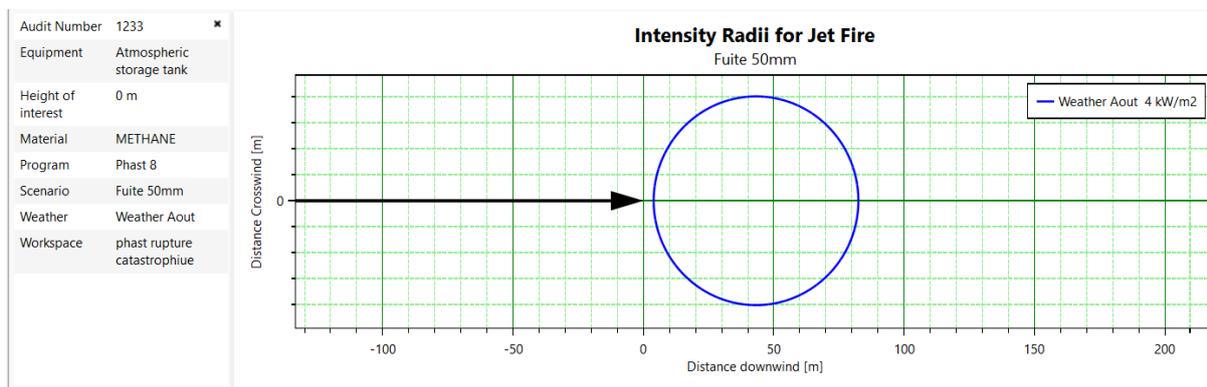


Figure 4-6 : zone touchée par les radiations thermiques engendré par le feu torche

La figure ci-dessus montre la zone touchée par les radiations thermiques, d'après ce résultat on remarque que les radiations thermiques engendré par le feu torche atteignent une distance de 80m à partir du bac d'où il faut prévoir des mesures de sécurité à partir de cette distance.

4.1.1.1.3 Explosion (VCE) :

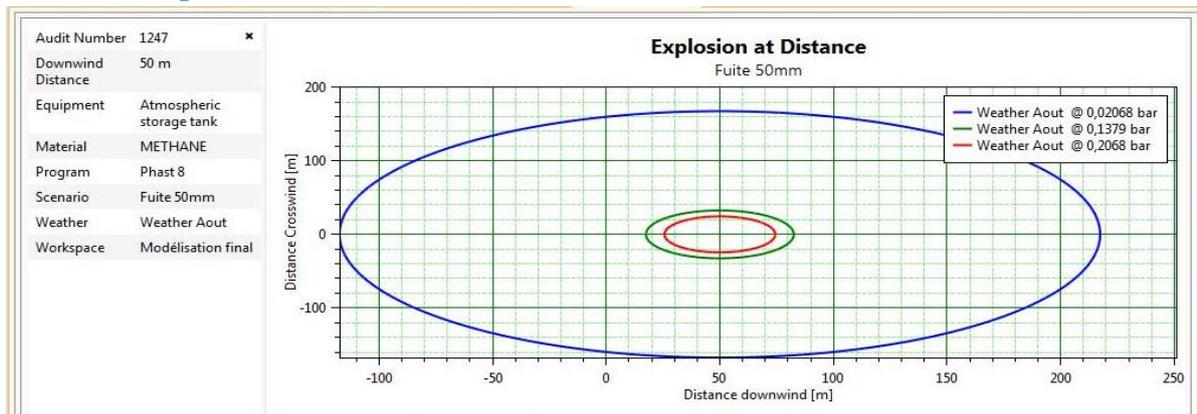


Figure 4-7 : les zones touchées par les ondes de pression engendrées par l'explosion

La figure ci-dessus représente les zones touchées par les ondes de pression d'où il faut prévoir des mesures de sécurité au delà du cercle bleu pour une intervention sécurisée

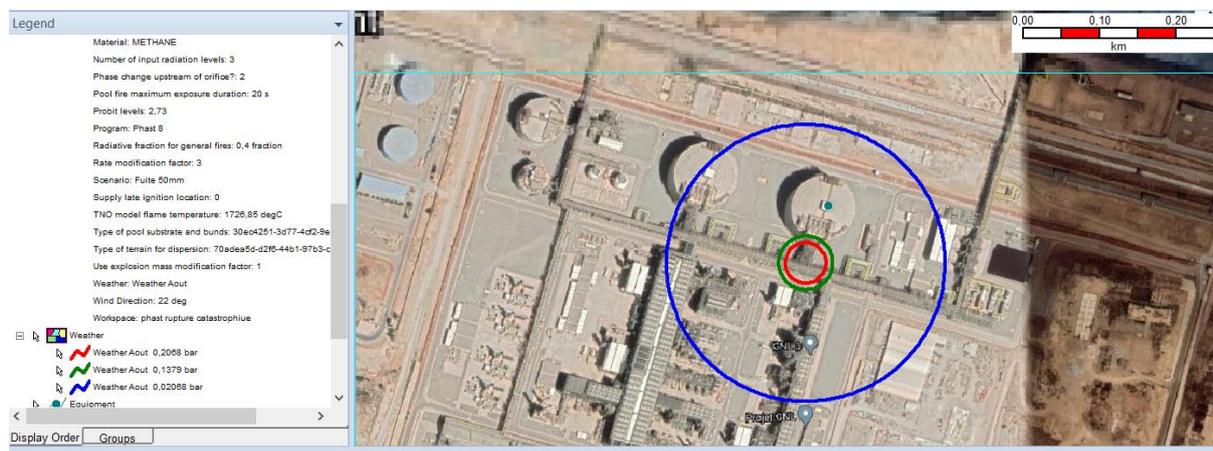


Figure 4-8 : les effets de l'explosion

4.5.2 Scénario N°2 :

4.5.2.1 Description du scénario :

Le scénario développé dans cette section suit la chronologie suivante :

Une fuite d'un diamètre de 500mm au niveau du bac de stockage à une hauteur de 1m, écoulement du GNL et formation d'une nappe importante.

4.5.2.2 Résultat obtenue pour scénario N°2 :

4.1.1.1.4 Dispersion :

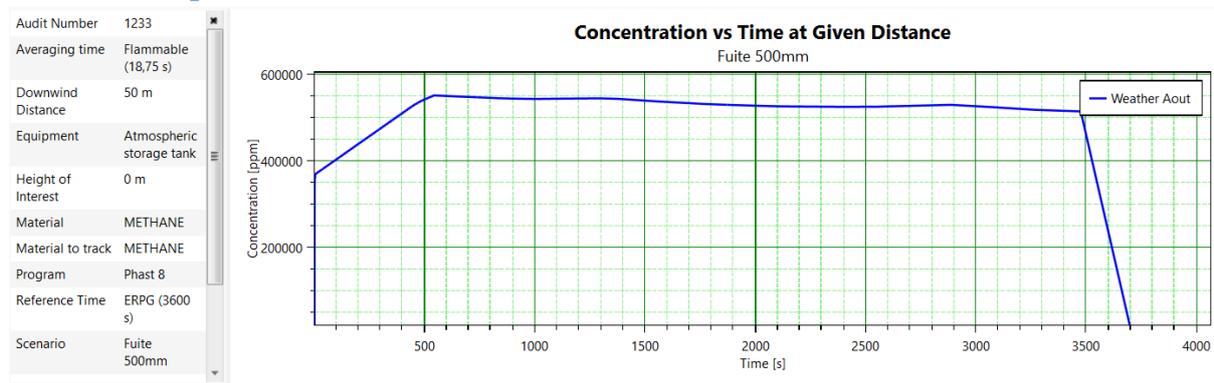


Figure 4-9 : la concentration du polluant en ppm par rapport au temps

Ce résultat est obtenu à une distance de 50m à la source d'accident, on constate la rapidité d'augmentation de concentration de polluant à cette distance de source 550.000ppm pendant 500 s.

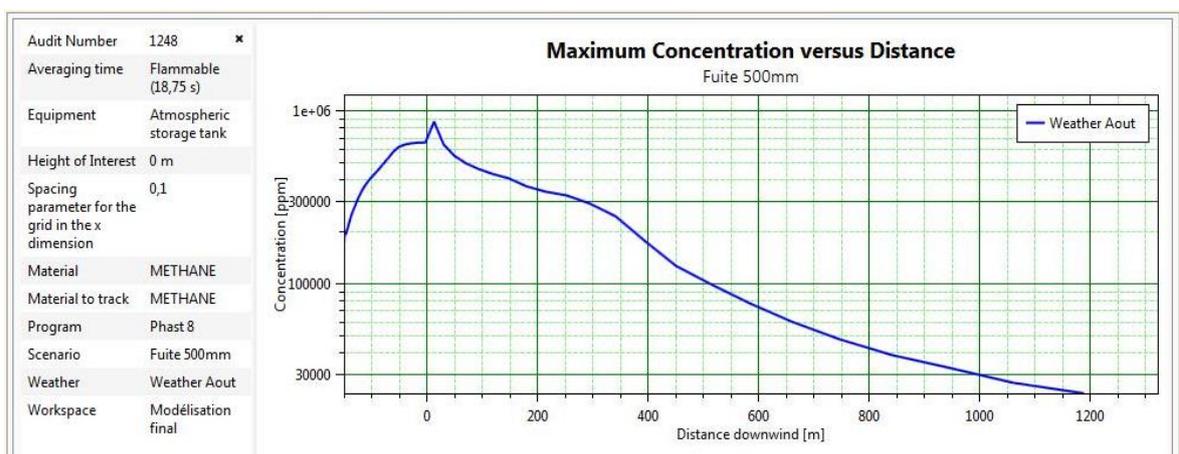


Figure 4-10 : la concentration du polluant en ppm en fonction de la distance

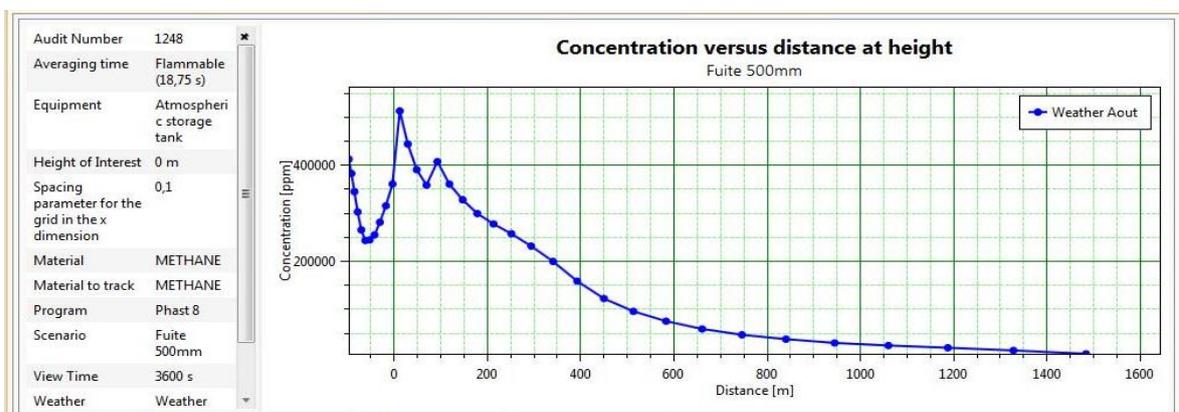


Figure 4-11 : concentration du polluant en fonction de la distance en hauteur

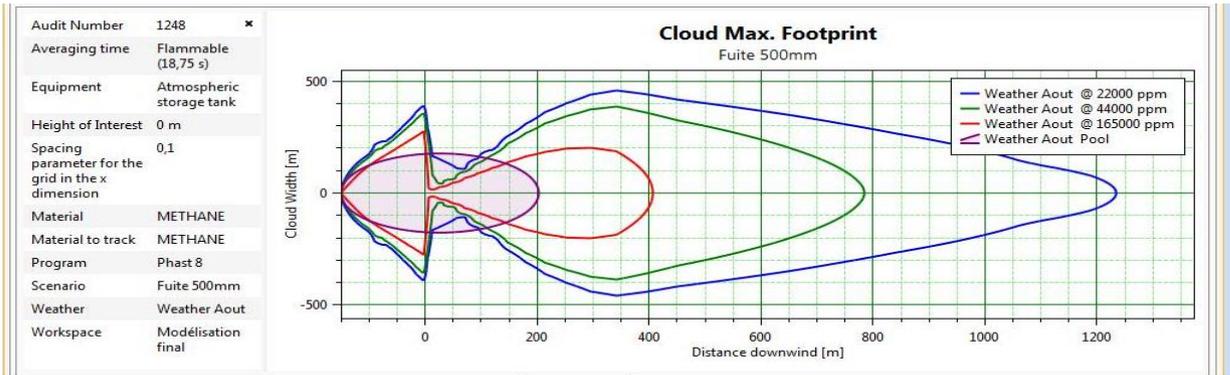


Figure 4-12 : les zones touchées par la dispersion du nuage gazeux

4.5.2.3 Pool fire

4.5.2.3.1 Early pool fire



Figure 4-13 : Effets du early pool fire

La figures ci-dessus montre les zones touchées par les radiations thermiques engendré par le (feu de nappe immédiat) early pool fire au-delà du cercle bleu commence la distance de sécurité.

4.5.2.3.2 Late pool fire



Figure 4-14 : les effets du late pool fire

La figures ci-dessus montre les zones touchées par les radiations thermiques engendré par le feu de nappe retardé (late pool fire) au-delà du cercle bleu commence la distance de sécurité.

4.5.2.4 Jet fire

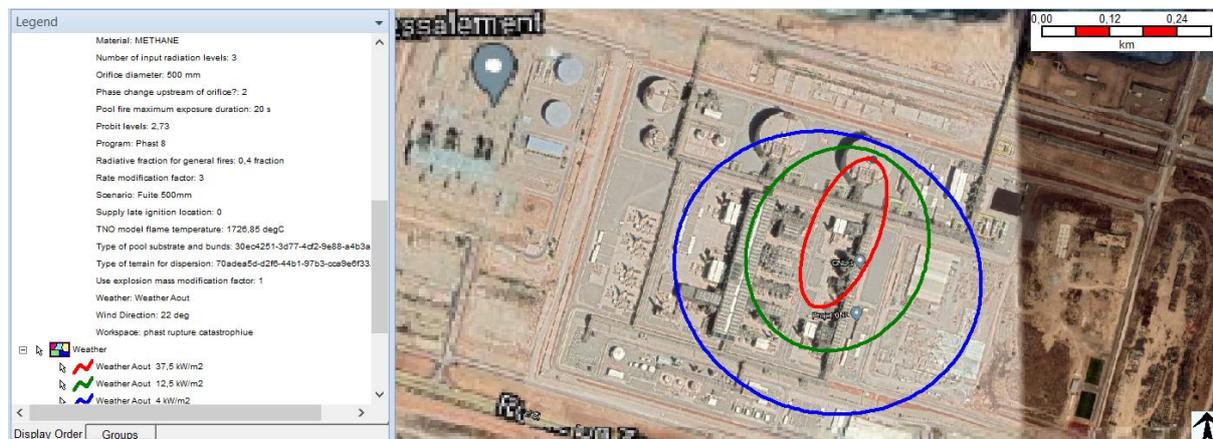


Figure 4-15 : effets du jet fire

La figure ci-dessus montre les zones touchées par les radiations thermiques engendrés par le jet fire au-delà du cercle bleu commence la distance de sécurité

4.5.2.5 Flash fire :



Figure 4-16 : effets du flash fire

Le cercle bleu sur la figure 4-16 représente la Limite d'Explosivité Inferieure (LIE) et le cercle vert la Limite Explosivité Supérieure (LSE).

La distance à la LIE est estimée à un rayon d'environ 1200m. Cette même distance représente également la longueur de la flamme du Flash Fire. De plus, étant donné que le Flash Fire est un phénomène très court, les effets sont limités au nuage lui-même. Ainsi, les effets à l'intérieur de la LIE auront une gravité élevée (toute personne dans cette zone pourra être considérée comme décédée) alors qu'au-delà de la distance à la LIE les effets seront considérés comme nuls

4.5.2.6 Explosion VCE :



Figure 4-17 : les effets de l'explosion

La figure ci-dessus représente les zones touchées par les ondes de pression engendrées par l'explosion

4.5.3 Scénario N°3 :

4.5.3.1 Description du scénario

La rupture catastrophique du bac de stockage

4.5.3.2 Résultat obtenue pour scénario N°3 :

4.5.3.2.1 Dispersion :

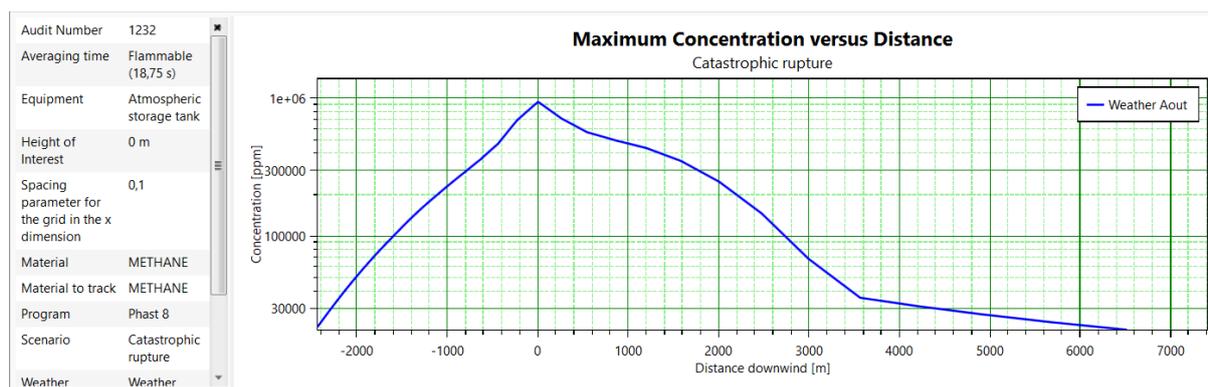


Figure 4-18 : la concentration du polluant en ppm en fonction de la distance

La figure ci-dessus montre l'évaluation de la concentration du polluant en ppm en fonction de la distance pendant un temps de 18.75 secondes.

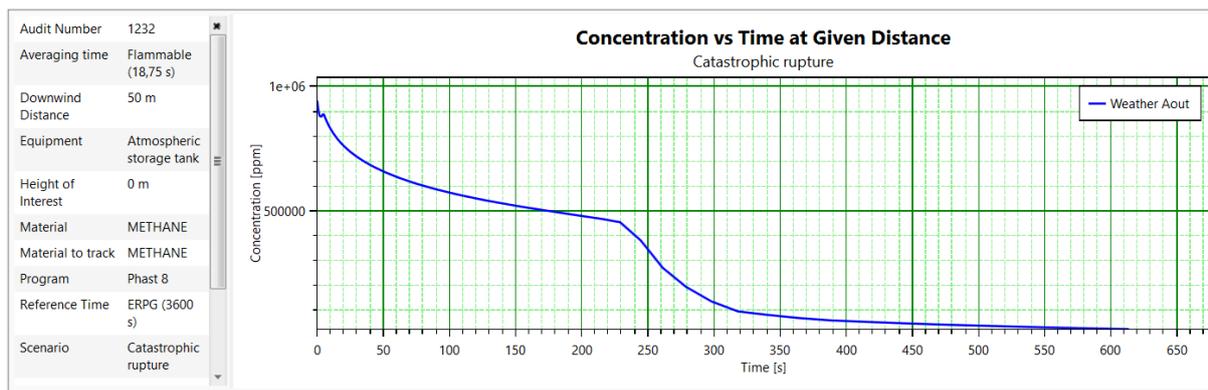


Figure 4-19 : la concentration du polluant en ppm en fonction du temps

Ce résultat est obtenu à une distance de 50m à la source d'accident.

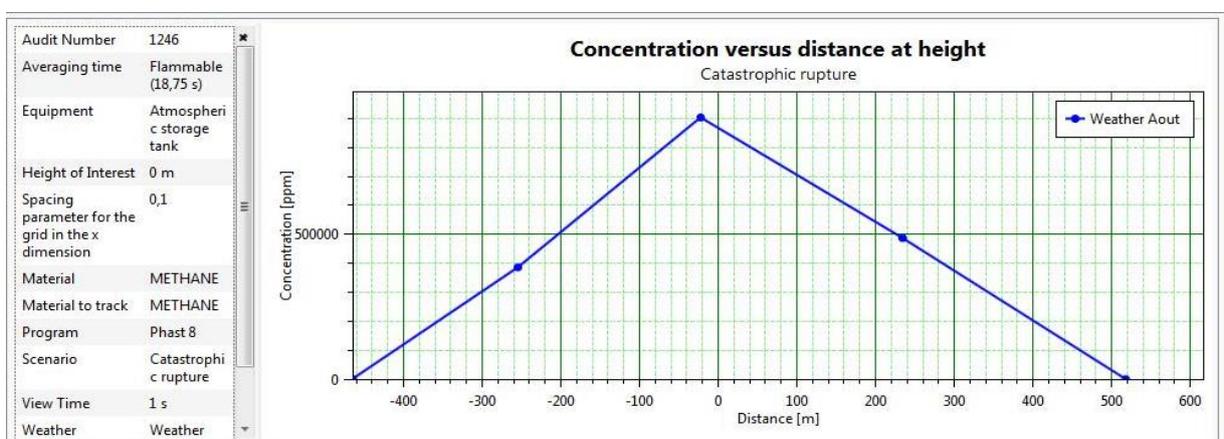


Figure 4-20 : Concentration du polluant par rapport la distance en hauteur



Figure 4-21 : Concentration du polluant en ppm

Le résultat dans la figure ci-dessus montre les zones touchées par le polluant pendant un temps de 18.75 secondes.

4.5.3.3 Flash fire :

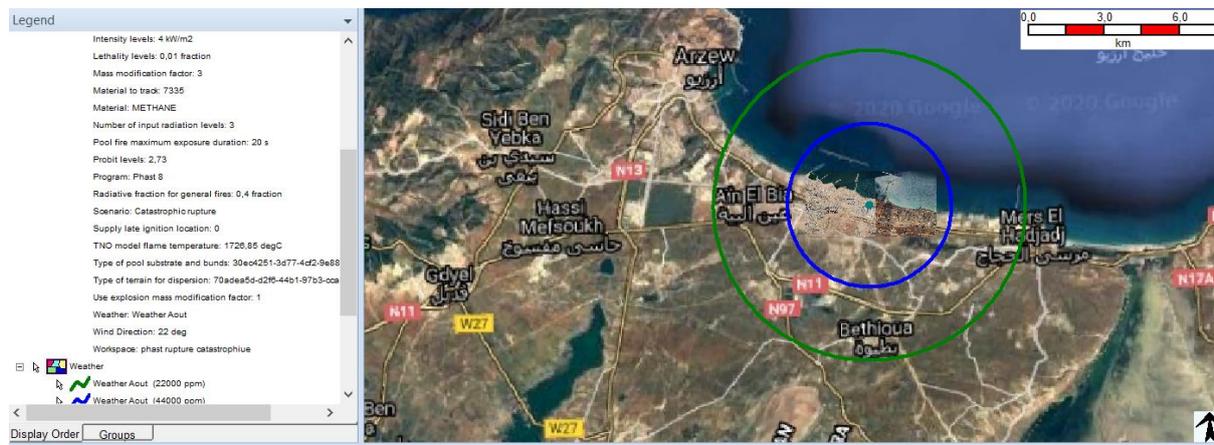


Figure 4-22 : Effet du flash fire

Le cercle bleu sur la figure 4-22 représente la Limite d’Explosivité Inferieure (LIE) et le cercle vert la Limite Explosivité Supérieure (LSE).

Dans ce cas la distance à la LIE est estimée à un rayon d’environ 6000m. Cette même distance représente également la longueur de la flamme du Flash Fire. De plus, étant donné que le Flash Fire est un phénomène très court, les effets sont limités au nuage lui-même. Ainsi, les effets à l’intérieur de la LIE auront une gravité élevée (toute personne dans cette zone pourra être considérée comme décédée) alors qu’au-delà de la distance à la LIE les effets seront considérés comme nuls.

4.5.3.4 Explosion VCE

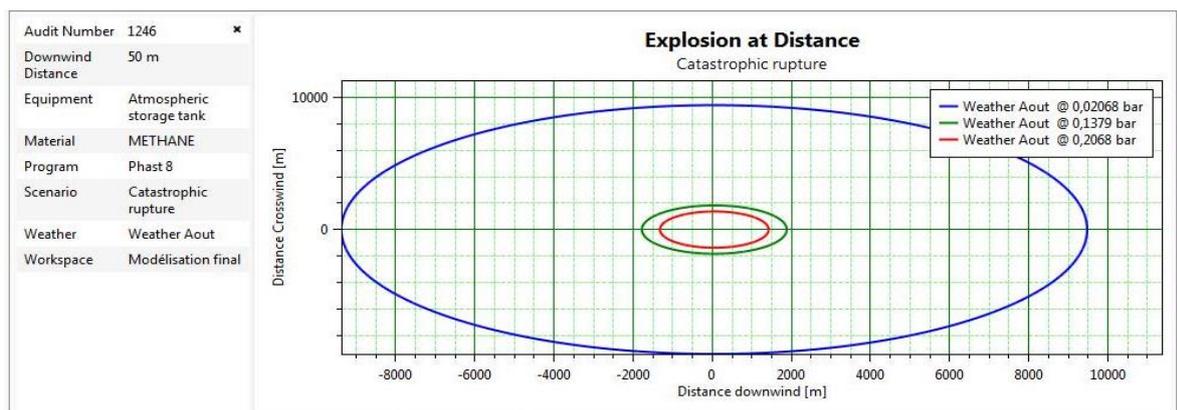


Figure 4-23 : les zones touchées par les ondes de pression engendré par l'explosion

La figure ci-dessus montre les zones touchées par les ondes de pression au-delà du cercle bleu c'est la zone de sécurité

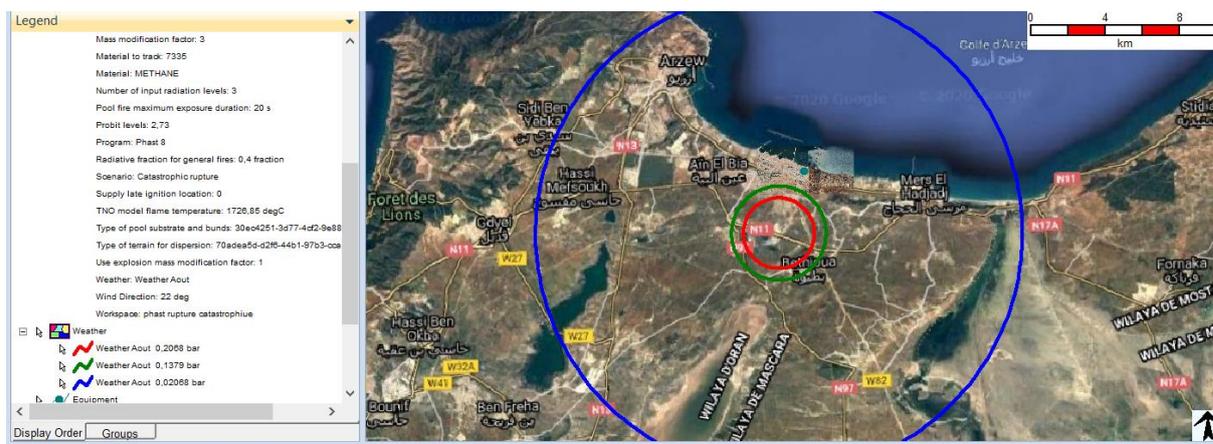


Figure 4-24 : les effets de l'explosion

Conclusion

La modélisation des conséquences escomptées des deux fuites au niveau du bac de stockage ainsi que la rupture catastrophique de ce dernier, nous a permis d'élargir notre vision concernant les dommages encourus.

Cela nous a conduit à constater, que les conséquences seraient catastrophiques et cela pourrait entraîner l'endommagement de plusieurs équipements avoisinants (effets dominos), présentant eux même des dangers potentiels pouvant mener à des risques majeurs; exemple : la présence du BOG Compresseur situé à quelque mètres du bac et les bacs de stockage du propane et butane et la sphère de gazoline, n'empêche que les effets engendré par le premier scénario sont moins significatifs par rapport les deux autres.

La présence de plusieurs sources d'inflammation autour du bac de stockage (annexe E) facilite l'apparition et la propagation de ces phénomènes.

De plus, les effets de surpression ainsi que ceux des radiations thermiques peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres, et affecte les autres complexes avoisinants (GP1Z, GL2Z, KAHRAMA)

Les résultats obtenus, nous ont également montré que les effets de l'explosion et des radiation thermique pouvaient impacter l'ensemble des bâtiments présents sur le site (sales de contrôles, départements, administrations...) et mener ainsi à des blessures sévères ou même à la perte de plusieurs vies humaines, tels-que les opérateurs présents sur le site au moment de l'accident.

Chapitre 5 : Mise en œuvre de la méthode JSA

Introduction

La JSA est un outil important et même capital utilisé pour la gestion des risques liés à une tâche ou à une activité spécifique il fait partie des modèles préformatés du logiciel PHA. Il s'applique à tout type de travaux/d'activités quel que soit le secteur de l'industrie. C'est la raison pour laquelle nous allons l'évoquer ici afin de mieux gérer les risques lors du travail. Ce travail aura pour but donc d'améliorer la culture sécurité des travailleurs de même que les focaliser sur leurs tâches spécifiques. Elle permet aussi d'aider à la réalisation des tâches en réduisant les risques, par le respect des procédures et règles de sécurité mise en place

5.1 Choix de la matrice

Voir figure (3-1)

5.2 Construction du scénario

Comme étant dans une période de pandémie ou c'était difficile d'être sur place pour évaluer une situation réelle d'où on a simulé un scénario presque fréquent dans ce type d'industrie pour mettre en pratique notre travail. Le scénario est comme suite, Un chaudronnier réalise des travaux de Soudure en haut du bac de stockage MF01 au même temps on a les capteurs de gaz qui sont en arrêt pour maintenance. Afin d'évaluer cette situation de travail on a développé un JSA.

5.3 Résultat de l'évaluation du risque professionnel

| |
|---|
| Company: Complexe GL3Z SONATRACH |
| Business Unit: Unit 71 (stockage et chargement GNL) |
| Project ID: 71-GD-B-(86901-86902-86913-86914) |
| Project Name: JSA (Etude de cas) |
| Start Date: 10/10/2020 |
| End Date: 21/10/2020 |

| Task | Step | Potential Incidents | Consequences | Risk Before Reduction | | | Recommendations | Risk After Reduction | | |
|---|---|---------------------|---|-----------------------|---|----|--|----------------------|---|----|
| | | | | S | L | RR | | S | L | RR |
| 1 Travaux de soudure en hauteur au niveau du bac de stockage 71-MF-01 | 1 Vérification des conditions de la zone de travail | 1 Blessure/mort | 1 Chute | 5 | D | D5 | Permis de travail STA à préparer avant le début de tous les travaux TBT avant le début de tous les travaux | 1 | A | A1 |
| | | | 2 Insolation | 2 | C | C2 | Hydratation | 1 | B | B1 |
| | 2 travaux en hauteur | 1 Chute en hauteur | 1 blesser,mort ,arret de travail,maladie professionnelles | 5 | D | D5 | Harnais de sécurité approuvé CE équipé d'un amortisseur et doubles cordes | 3 | A | A3 |

| Task | Step | Potential Incidents | Consequences | Risk Before Reduction | | | Recommendations | Risk After Reduction | | |
|------|----------------------|---------------------------------|--|-----------------------|---|----|--|----------------------|---|----|
| | | | | S | L | RR | | S | L | RR |
| | | | | | | | Corret EPI | | | |
| | | | | | | | Opérateur compétant et formé pour travailler en hauteur | | | |
| | | | | | | | Rythme de travail respecté en cas de conditions météorologiques difficiles | | | |
| | | 2 Chute d'objets | 1 Blessé | 3 | C | C3 | Signes , précaution chute d'objets ; Balisage | 2 | A | A2 |
| | | 3 Effondrement de l'échafaudage | 1 blessé,mort ,arrêt de travail,maladie professionnelles | 5 | C | C5 | Vérification et approbation de l'échafaudage | 3 | A | A3 |
| | | | | | | | bonne plate-forme de travail | | | |
| | 3 travaux de soudure | 1 Blessure | 1 brûlure | 2 | B | B2 | STA à préprer avant l début de tous les travaux. | 1 | A | A1 |
| | | | | | | | s'assurer que tout le personnel connaît les règles de sécurité | | | |
| | | | | | | | le personnl doit mettre tous les EPI | | | |

| Task | Step | Potential Incidents | Consequences | Risk Before Reduction | | | Recommendations | Risk After Reduction | | |
|------|------|---------------------|---------------------|-----------------------|---|----|---|----------------------|---|----|
| | | | | S | L | RR | | S | L | RR |
| | | | | | | | Tous les soudeurs doivent disposer de gants, tablier et lunettes adéquats | | | |
| | | | | | | | fournir de longs gants en cuir et des lunettes aux rayons UV | | | |
| | | | 2 choc électrique | 3 | C | C3 | Les équipements électriques, outils portables doivent être inspecter avant et après leur utilisation. | 2 | B | B2 |
| | | | | | | | Tout équipement avec des dommages doit être remplacé dès que possible | | | |
| | | | 3 Troubles auditifs | 2 | C | C2 | Le port des protection auditives ex ; Bouchons d'oreilles | 1 | C | C1 |
| | | | | | | | Une évaluation médicale est suggérée tous les 6 mois | | | |
| | | | 4 projection | 3 | D | D3 | Matériau approprié au type de travail | 1 | C | C1 |

| Task | Step | Potential Incidents | Consequences | Risk Before Reduction | | | Recommendations | Risk After Reduction | | |
|------|------|----------------------|--|-----------------------|---|----|---|----------------------|---|----|
| | | | | S | L | RR | | S | L | RR |
| | | | | | | | Chaque travailleur dans un endroit en particule volantes doit avoir un écran facial ou un équipement de protection pour éviter tout accident ou incident | | | |
| | | | 5 intoxication | 2 | C | C2 | Port d'un appareil de protection respiratoire (filtres anti-aérosols de classe P2 au minimum) La formation du personnel à la bonne utilisation des équipements et des EPI | 1 | C | C1 |
| | | 2 Dommages aux biens | 1 Utilisation incorrecte de l'équipement | 3 | B | B3 | STA est requis avant le début des travaux Vérification des équipements avant de les utiliser seul personnel formé doit procéder à l'opération de soudure | 2 | B | B2 |
| | | | | 5 | A | A5 | Test de gaz obligatoire | 3 | A | A3 |

| Task | Step | Potential Incidents | Consequences | Risk Before Reduction | | | Recommendations | Risk After Reduction | | |
|------|------|--|--------------------------|-----------------------|---|----|---|----------------------|---|----|
| | | | | S | L | RR | | S | L | RR |
| | | 3 explosion /incendie en cas de . présence de Gaz | 1 blessure/décès . | | | | Vérification du bon fonctionnement des capteurs de gaz | | | |
| | | | 2 dommage matériels . | 5 | A | A5 | Test de gaz obligatoire Vérification de bon fonctionnement des capteurs de gaz | 3 | A | A3 |

Interprétation des résultats :

D'après les résultats du tableau JSA on a obtenu :

- Trois évènements inacceptables
- Dix évènements en zone ALARP

Pour l'analyse JSA par manque d'informations les mesures de sécurités existantes non pas été cités par contre on a proposé des solutions pour réduire le risque pour les deux zone à risque (la zone à risque inacceptable et la zone ALARP)

Les solutions proposées pour réduire le risque sont présentés dans le tableau dans la case recommandations

Les figures ci-dessous représentent le nombre de conséquences en fonction de la gravité et la probabilité d'occurrence avant et après réduction (c'est à dire avant et après application recommandations)

- Avant application des recommandations :

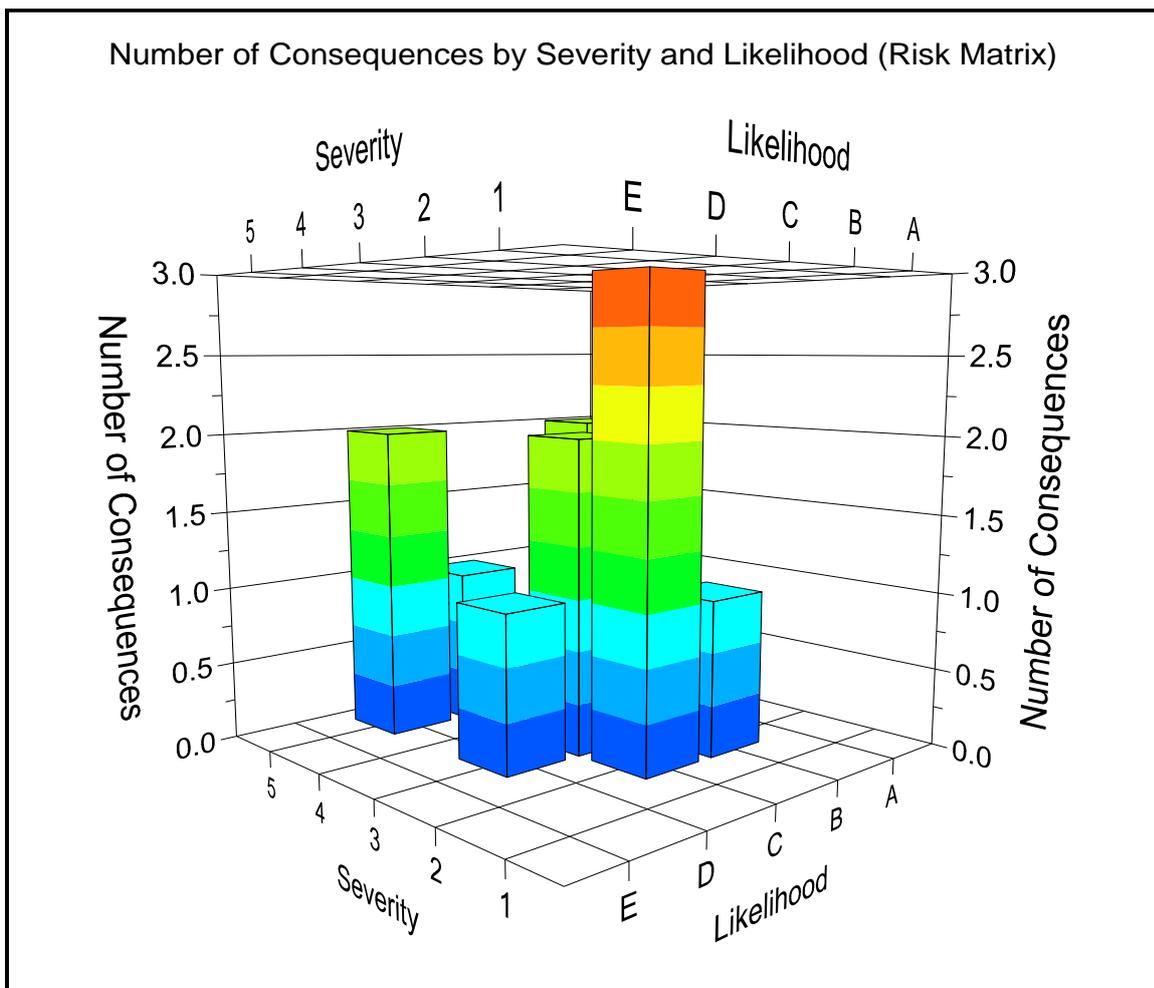


Figure 5-1 : Graphe de nombre de conséquence en fonction de la gravité et de la probabilité SIDE 1

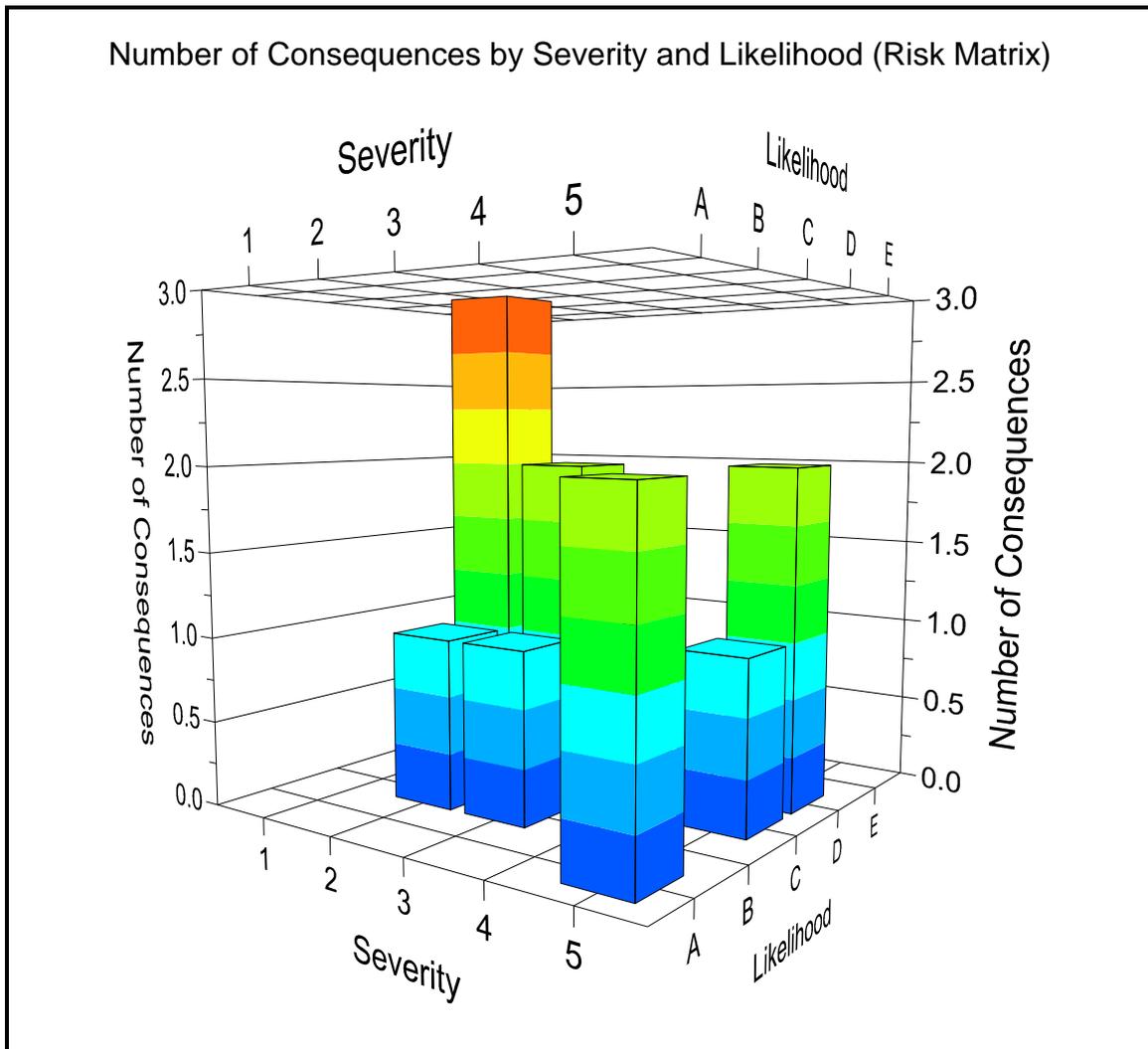


Figure 5-2 : Graphe de nombre des conséquences en fonction de la gravité et de la probabilité SIDE 2

- Après application des recommandations ;

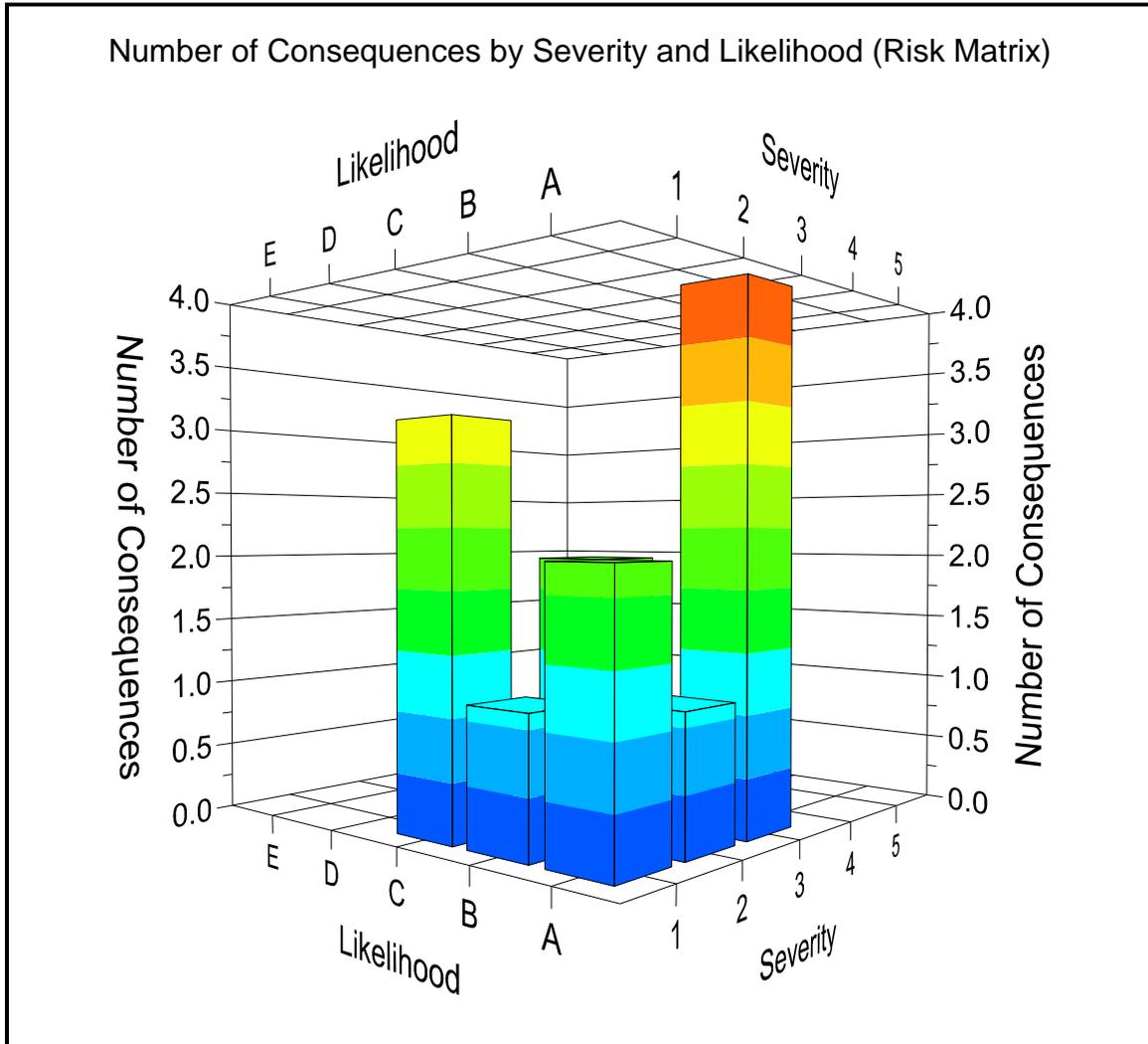


Figure 5-3 : Graphe de nombre des conséquences en fonction de la gravité et de la probabilité SIDE 1

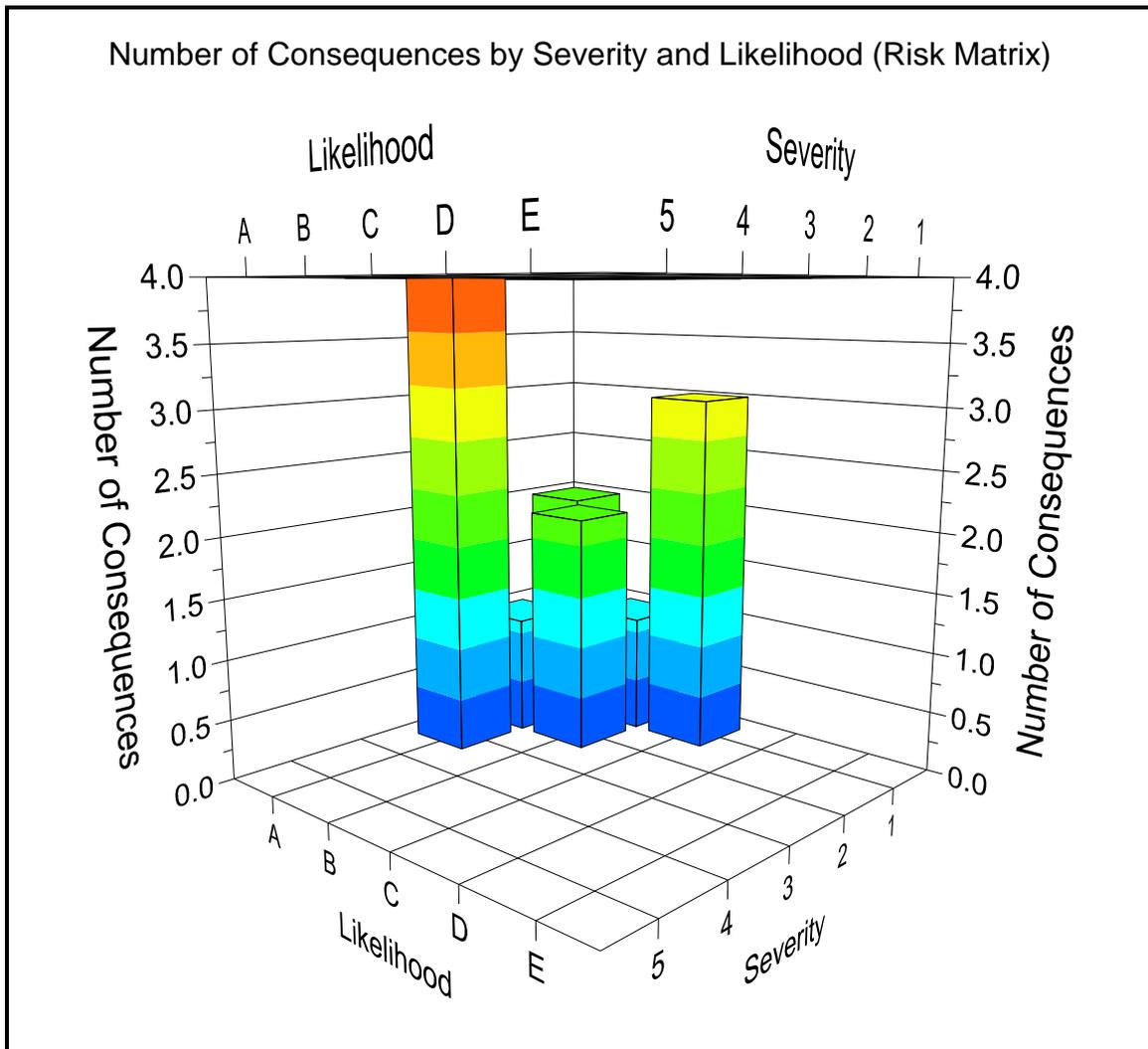


Figure 5-4 : Graphe de nombre des conséquences en fonction de la gravité et de la probabilité SIDE 2

Conclusion :

L'évaluation des risques professionnels est l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour préserver la santé et la sécurité des travailleurs et améliorer les conditions de travail, l'EvRP est la concrétisation d'une responsabilité sociale, impliquant des acteurs qui travaillent ensemble dans un objectif commun, afin d'assurer l'intégrité physique et mentale de tous les travailleurs et de créer les conditions de leur bien-être dont l'objectif principale est d'anticiper et limiter les conséquences humaines, sociales et économiques des accidents du travail et des maladies professionnelles. En effet, l'application de la méthode JSA nous a permis d'identifier les risques liés à la tâche étudier (soudure) et ainsi de proposer des mesures de prévention approprier.

Conclusion générale :

L'anticipation et la prise en compte des risques est l'un des principaux appuis de la gestion d'un projet ou d'une installation déjà existante. Tout problème, mal anticipé possède toutes les chances de déclencher des problèmes en cascade et mettre ainsi l'installation en danger. L'identification, l'analyse et la prise en compte des problèmes potentiels sont donc indispensables en amont de tout projet mais doit également couvrir toutes les phases du cycle de vie d'une installation.

Dans ce travail, nous avons procédé à une analyse par méthode APR qui nous permis d'avoir une vue globale sur les risques susceptible de parvenir au niveau du bac de stockage du GNL.

Ainsi, l'application de la méthode HAZOP, nous a permis d'avoir une vue plus détaillée en identifiant les causes principales des déviations qui sont dues à des défauts de l'instrumentation/vannes, arrêt des machines ou à des erreurs d'opération. Mais a également démontré, l'existence de plusieurs scénarios jugés inacceptables suite à une cotation à l'aide de la matrice des risques.

Pareillement, la modélisation nous a permis d'étudier quelques scénarios de catastrophe engendrant de grave conséquences où la cible du risque serai le personnel exploitant, l'avenir économique, ainsi qu'à l'environnement au tour , du moment que, à proximité du bac de stockage, existe des installations qui présentent également des dangers potentiels, tel que compresseur BOG, bac propane butane et sphère gazoline il peut donc y avoir des interactions entre les équipements existants et engendrer des éventuels effets domino ou combinés ; malgré les moyens technologiques de contrôle et des dispositifs de sécurité mise en place, l'occurrence de catastrophes est toujours probable donc possible. Il conviendrait cependant de rappeler que le risque zéro n'existe pas, mais la possibilité que le risque tend vers zéro est toujours probable, cela ne pourra être en tout évidence le fruit du hasard, mais travers des plans de développements au moyen terme et surtout à long terme

D'un autre coté nous avons procédé à une analyse du risque professionnel d'un scénario qui peut se produire au niveau des bacs de stockage cela nous a permis de conclure que le risque professionnel peut jouer le rôle d'un initiateur pour le risque technologique et cela due à l'erreur humaine qui constitue un facteur causal majeur de l'émergence des accidents dans plusieurs secteurs dont celui des hydrocarbures. La survenue de nouveaux accidents malgré la maîtrise du risque technologique est à la base de l'intérêt renouvelé à l'étude des facteurs humains dans l'analyse de la sécurité

De ce fait l'opérateur humain est considéré tel un élément paradoxal : en situation de stress ou de fatigue, il peut être un élément de la perte de la fiabilité d'un système. Cependant, dans certaines situations critiques d'insécurité, il peut être un facteur de fiabilité, en rétablissant le

bon fonctionnement du système, parfois par des actions non prévues par le règlement de sécurité de l'exploitation, mais, liées à sa connaissance, son expérience et son savoir-faire. Il faut donc optimiser la place de l'homme en pleine connaissance de ses capacités mais aussi de ses limites.

Bibliographie

[01] : Loi n° 04-20 du 13 Dhou el kaada 1425 du 25 décembre 2004 - journal officiel de la république algérienne n° 84.

[02] : Décret exécutif 18-255 du 29 Moharram 1440 correspondant au 9 octobre 2018 - journal officiel de la république algérienne n° 62.

[03] : Décret exécutif 06-198 du 4 jourmada eloula 1427 correspondant au 31 mai 2006 - journal officiel de la république algérienne n° 37.

[04] : Décret exécutif n° 07-144 du 2 Jourmada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 - Journal officiel de la République algérienne n° 34.

[05] : Décret exécutif n° 08-312 du 5 Chaoual 1429 correspondant au 5 octobre 2008 - journal officiel de la république algérienne n° 58.

[06] : Décret exécutif n° 15-09 du 23 Rabie El Aouel 1436 correspondant au 14 janvier 2015 - journal officiel de la république algérienne N° 04.

[07] : Arrêté interministériel du 19 Dhou El Kaada 1435 correspondant au 14 septembre 2014 - journal officiel de la république algérienne N° 03.

[08] : ISO 31010 version 2019 Management du risque - Techniques d'appréciation du risque.

[09] : Rapport d'étude INRS 13/10/2006 - méthodes d'analyse des risques générées par une installation industrielle.

[10] : Analyse préliminaire des risques par Nawel Letaief le 10/03/2013, site web : <https://prezi.com/050i8mvqbezr/analyse-preliminaire-des-risques/>

[11] : Dossiers techniques de l'ingénieur l'expertise technique et scientifique de référence HAZOP : une méthode d'analyse des risques - Présentation et contexte Michel Royer.

[12] : Outils en management QHSE – méthodes hazop, site web : <https://www.previnfo.net/sections.php?op=viewarticle&artid=38>

[13] : Document INRS - Evaluation des risques professionnels.

[14] : Référentiel EVRP Sonatrach.

[15] : Document analyse de la sécurité des tâches CCHST.

[16] : PFE Évaluation des risques professionnels au niveau du magasin de stockage des produits chimiques au complexe GL3/Z : cas particulier « EVRC » par M.Reffas adel houssem eddine / avril 2018.

[17] : PFE Application du système de management HSE lors de la réalisation du projet GNL3/Z

Cas d'étude : Construction des bacs cryogéniques Par Sahraoui Bachir driss / le 25/06/2013 / ORAN.

[18] : Manuel Opérateur SECTION 3 - VOLUME I - UNITE 71 GNL-3Z Arzew Project.

[19] : <https://fr.windfinder.com/windstatistics/arzew>

[20] : PFE Évaluation des risques de la section huile chaude (APR /HAZOP) et modélisation des effets de l'explosion du four H-1501 (Phast) du train 100 au niveau du complexe GP1/Z par Mme HENNICHE Nabila et Melle OUACIF Sarah Sabrina / avril 2018.

[21] : https://aida.ineris.fr/consultation_document/5123 .

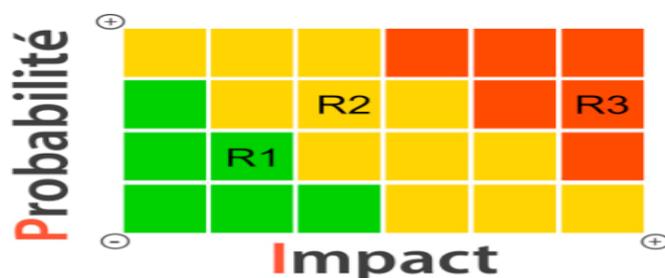
[22] : PFE Etude de scenario catastrophique dans les bacs de stockage GNL au Complexe GNL3Z par BELHADJ Med NADIR & KHEBICHAT Med El-AMINE / Promo 2013.

ANNEXE A

Notion de base :

Risque

Le risque inclut les effets de toutes les formes d'incertitude sur les objectifs, l'incertitude peut avoir des conséquences positives et/ou négatives, il est caractérisé par la fréquence d'occurrence et la gravité et récemment la détection. Le risque est souvent décrit en termes de sources de risques, d'événements potentiels, de leurs conséquences et de leurs vraisemblances. Un événement peut avoir plusieurs causes et conduire à de multiples conséquences.



Les conséquences peuvent avoir un certain nombre de valeurs discrètes, être des variables continues où être inconnues. Les conséquences peuvent ne pas être discernables ou mesurables à première vue, mais peuvent s'accumuler au fil du temps. Les sources de risques peuvent inclure la variabilité inhérente ou les incertitudes relatives à divers facteurs, notamment le comportement humain et les structures organisationnelles ou les influences sociétales, pour lesquels il peut être difficile de prévoir si un événement particulier est susceptible de se produire. Il s'en suit que le risque ne peut pas toujours être aisément présenté sous la forme d'un ensemble d'événements, de leurs conséquences et de leurs vraisemblances. Les techniques d'appréciation du risque visent à aider les personnes à appréhender l'incertitude et le risque associé dans ce contexte vaste, complexe et diversifié, avec pour objectif de venir à l'appui de décisions et d'actions mieux argumentées.

Danger

Source susceptible de causer traumatisme et pathologie, Les dangers peuvent inclure les sources susceptibles de causer un dommage ou des situations (iso 45001)

Situation dangereuse

Situation dans laquelle une personne est exposée à au moins un phénomène dangereux (iso 12100)

Facteur de risque

Facteur ayant une influence importante sur le risque (iso 31000)

Accident

Evénement soudain et imprévu qui a pour conséquence une atteinte à :

- La santé des personnes ;
- L'environnement ;
- Aux biens et équipements.

Incident

Evénement soudain et imprévu, qui aurait pu, dans des conditions légèrement différentes, occasionner un accident.

Limite inférieure d'inflammabilité LII

Si le mélange est trop pauvre en combustible, l'inflammation ne se produit pas. Le pourcentage de combustible est au-dessous de la Limite inférieure d'inflammabilité (LII).

La limite inférieure d'explosivité (LIE)

LIE est la concentration minimale du gaz pour laquelle le mélange air-gaz est explosif. La limite supérieure d'explosivité (LSE) est la valeur au-dessus de laquelle le mélange air-gaz ne contient plus assez de comburant (d'oxygène) pour permettre la combustion.

Risque professionnel

La notion de "**risque professionnel**" peut être définie comme l'ensemble des menaces qui pèsent sur la santé des salariés dans le cadre de leur activité **professionnelle**. Elles peuvent se traduire par un accident ou une maladie dite "**professionnelle**".

Risque technologique

Les risques technologiques sont liés à l'action humaine et plus précisément à la manipulation, au transport ou au stockage de substances dangereuses pour la santé et l'environnement (ex : risques industriel, nucléaire, biologique...). Comme les autres risques majeurs, ils peuvent avoir des conséquences graves sur les personnes, leurs biens et / ou l'environnement.

Effets domino

Une réaction en chaîne qui peut se produire lorsqu'un changement mineur provoque un changement comparable à proximité, qui provoquera un autre changement similaire, et ainsi de suite au cours d'une séquence linéaire.

ANNEXE B

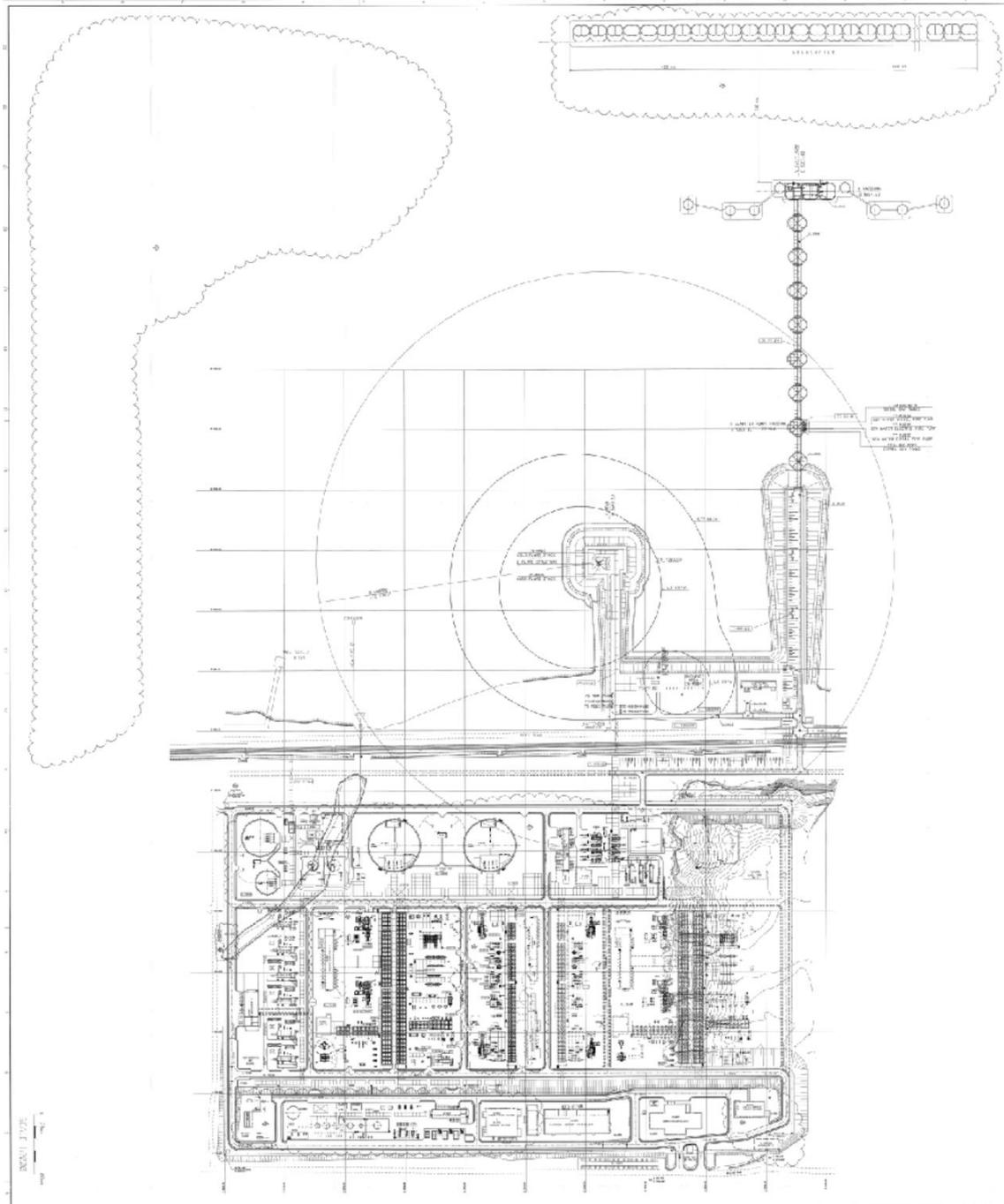


Figure 01 PLAN GENERALE DU SITE GNL3Z

Référence Annexe B : Overall Plot Plan « 318800-GNL3Z-DF-PI-00-62030-1 »

Annexe C :

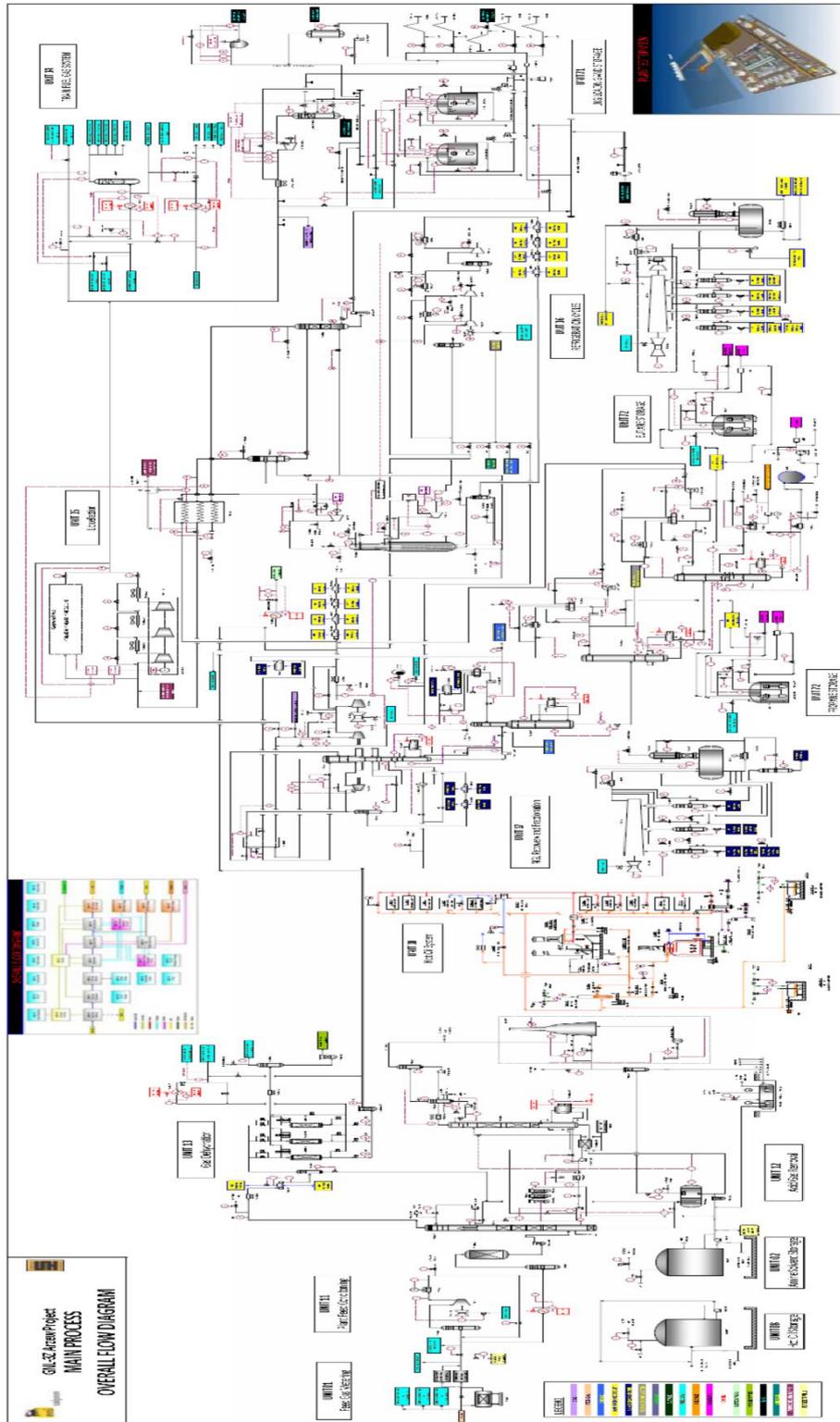


Figure 2 : SCHEMA DE PROCEDE DU COMPLEXE GNL3

Référence Annexe C : Main Process Overall Flow Diagram « 318800-GNL3Z-DF-PI-00-62030-1 »

Annexe D

Logiciel utilisé :

Logiciel PHA :

Définition :

Le PHA-Pro de Sphera offre un cadre, des méthodologies configurables et des flux de travail d'évaluation des risques pour aider les organisations à normaliser et enregistrer les données d'évaluation des risques et à garantir que les contrôles appropriés sont en place.

Le logiciel PHA-Pro est l'outil d'identification des dangers et d'évaluation des risques le plus reconnu et le plus respecté pour renforcer le processus d'évaluation des risques. Il permet d'identifier, d'évaluer et de contrôler l'impact des risques liés aux processus.

Il est principalement utilisé dans les industries de traitement telles que le pétrole et le gaz, les produits chimiques et médicaments.

Pourquoi PHA:

Les incidents peuvent entraîner une perte de temps en raison de blessures, de pertes en capital et de production, dommages environnementaux et perte de réputation de l'entreprise au mieux litige. Les entreprises doivent tout mettre en œuvre pour respecter les réglementations et réduire les risques de processus en exécutant PHA. Le logiciel offre une solution conviviale, flexible et basée sur les connaissances a évolué grâce à une utilisation commerciale extensive au cours de la dernière décennie pour répondre aux exigences de bon nombre des plus grandes entreprises du monde. C'est un logiciel éprouvé solution, avec des modèles PHA standard pré-formatés et une myriade de fonctionnalités qui sont conviviaux et intuitifs. En plus des bibliothèques pré-remplies, PHA-Pro vous permet de capturer le langage des évaluations de risques précédentes aider à construire des bibliothèques d'entreprise et promouvoir le partage des connaissances en assurant que l'expertise en ingénierie est conservée et accessible pour les évaluations futures

Avantage PHA :

- HAZOP et LOPA liés
- Rapports professionnels exportable en HTML, MSWord, MS Excel vous évitant d'avoir à répéter la saisie de données dans plusieurs feuilles de calcul.
- Un soutien international tel comme multi-langue et entrée de données de droite à gauche
- Aide à créer des feuilles matricielles qui élargissent vos capacités à inclure de nouveaux types de techniques d'évaluation des risques.
- Modèles pré-formatés - permet de gagner du temps lors de la création d'évaluations.
- Bibliothèques complètes - vous permet de raccourcir le temps d'étude et de tirer parti les meilleures pratiques

- Prise en charge multilingue - permet une collaboration plus efficace - anglais, Français, allemand, espagnol, portugais, japonais, chinois (simplifié), coréen
Flexible et convivial
- Le logiciel vous permet également de personnaliser les feuilles de calcul et les formulaires de votre modèles existants, ainsi que créer de nouveaux modèles

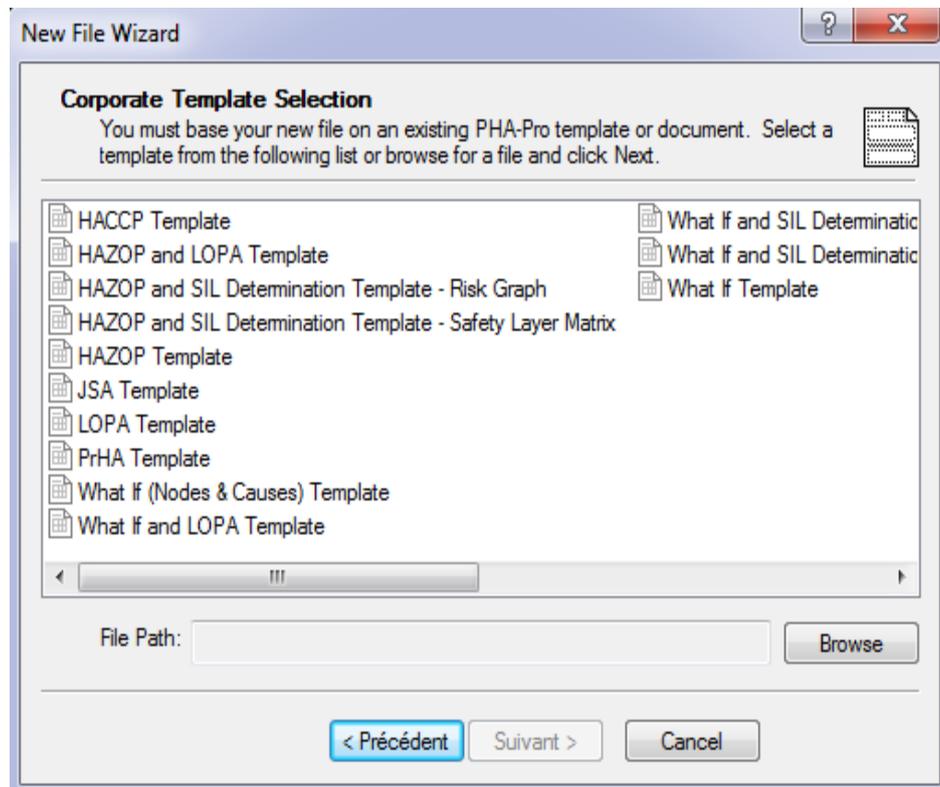


Figure 3 Les modèles standards de PHA



Figure 4 bibliothèques pré-remplies de PHA

Logiciel PHAST :

Présentation du logiciel de simulation PHAST :

PHAST est un logiciel qui a été développé et mis à jour par DNV pour évaluer les conséquences des fuites de gaz, des incendies, des explosions, de la toxicité et des autres dangers technologiques reliés à diverses industries. PHAST est capable de modéliser les scénarios de rejets à partir des divers termes sources (fuite sur la paroi d'un réservoir, rupture d'une canalisation, ...) qui sont ensuite combinés avec le modèle de dispersion de PHAST de type intégral, appelé Unified Dispersion Model (UDM), pour obtenir par exemple : les distances de sécurité correspondant aux seuils toxiques et l'empreinte du nuage au Sol à un instant donné.

Modélisation :

PHAST peut modéliser les phénomènes suivants :

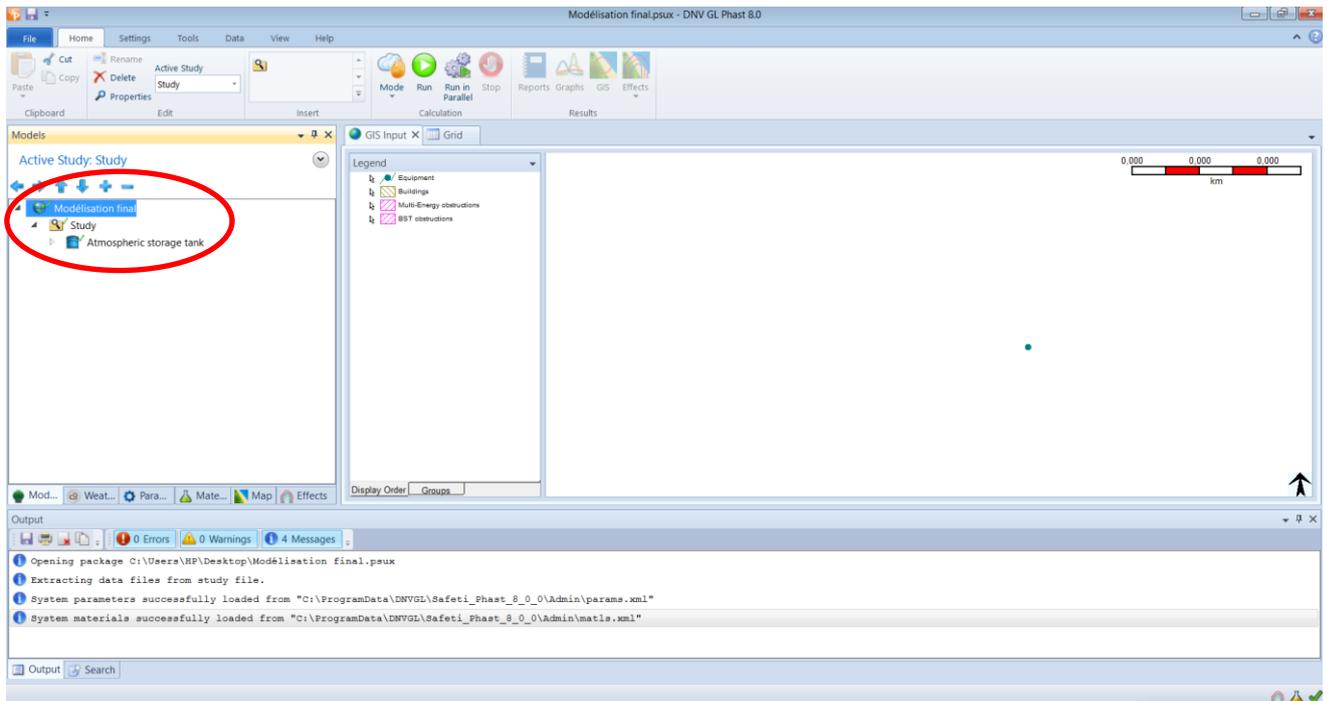
- Feu chalumeau (jet fire)
- Feu de flaque (nappe)
- Feu nuage (feu flash)
- Boule de feu (BLEVE)
- Modélisation des Explosions
- Modélisation des Effets Toxiques (Distance à la concentration toxique /Distance à la Dose toxique)

Résultats de modélisation par PHAST :

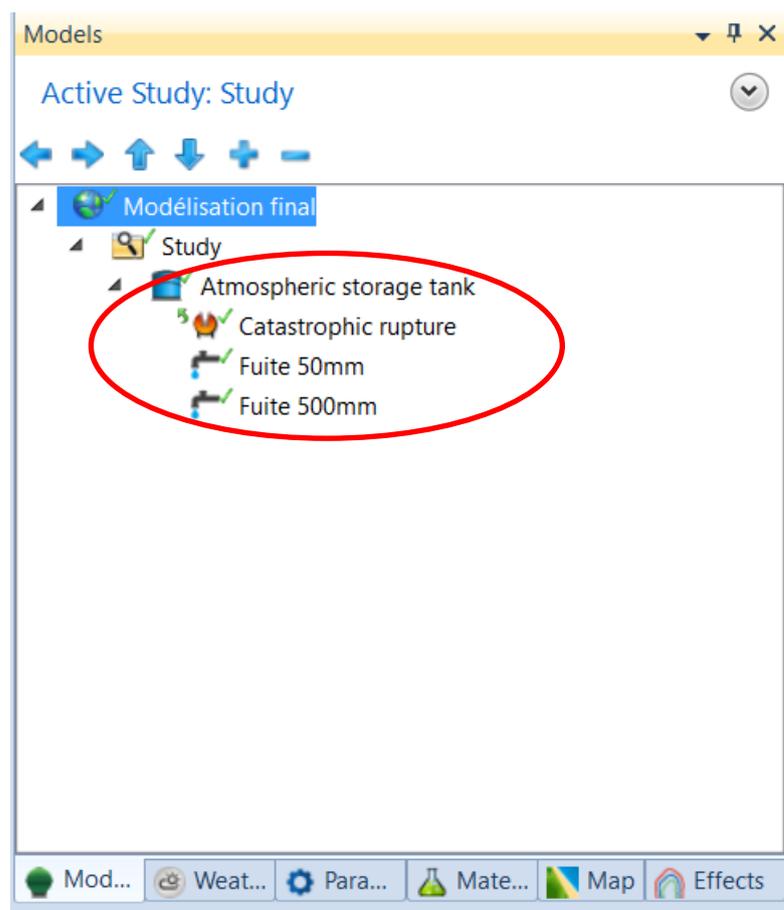
Généralement les résultats sont présentés sous forme graphique, numérique (rapport), et sous forme GIS

Définition des scénarios et simulation Pour introduire un model il faut suivre les étapes suivantes :

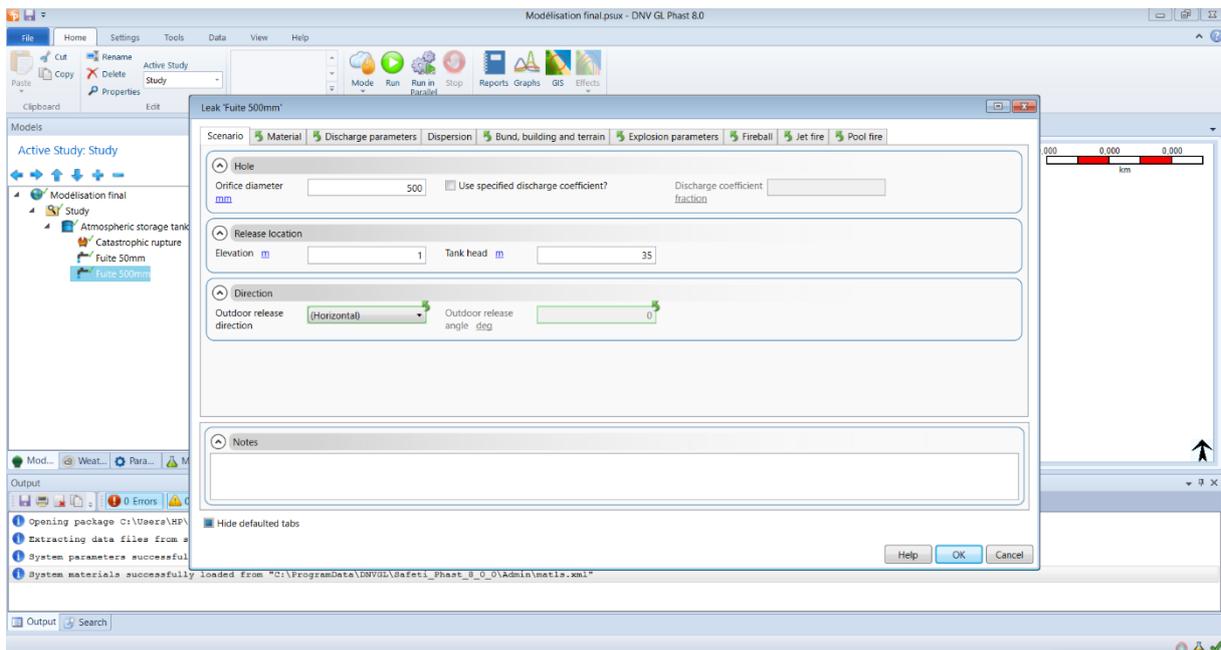
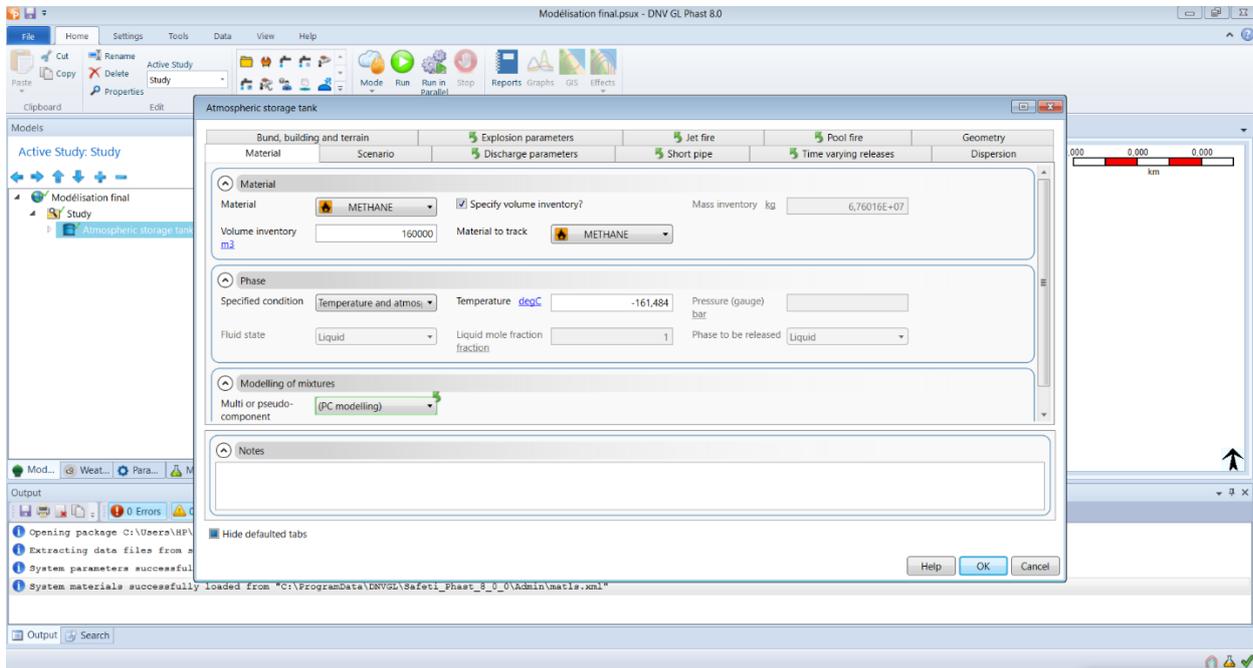
- Introduire un modèle général

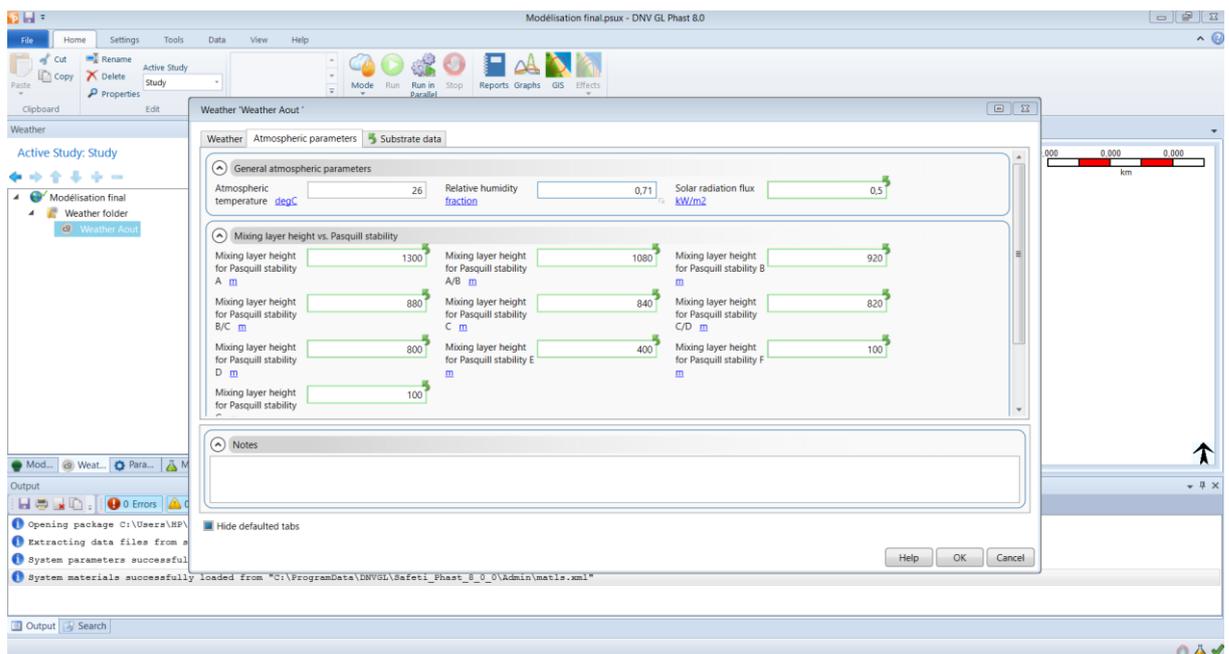
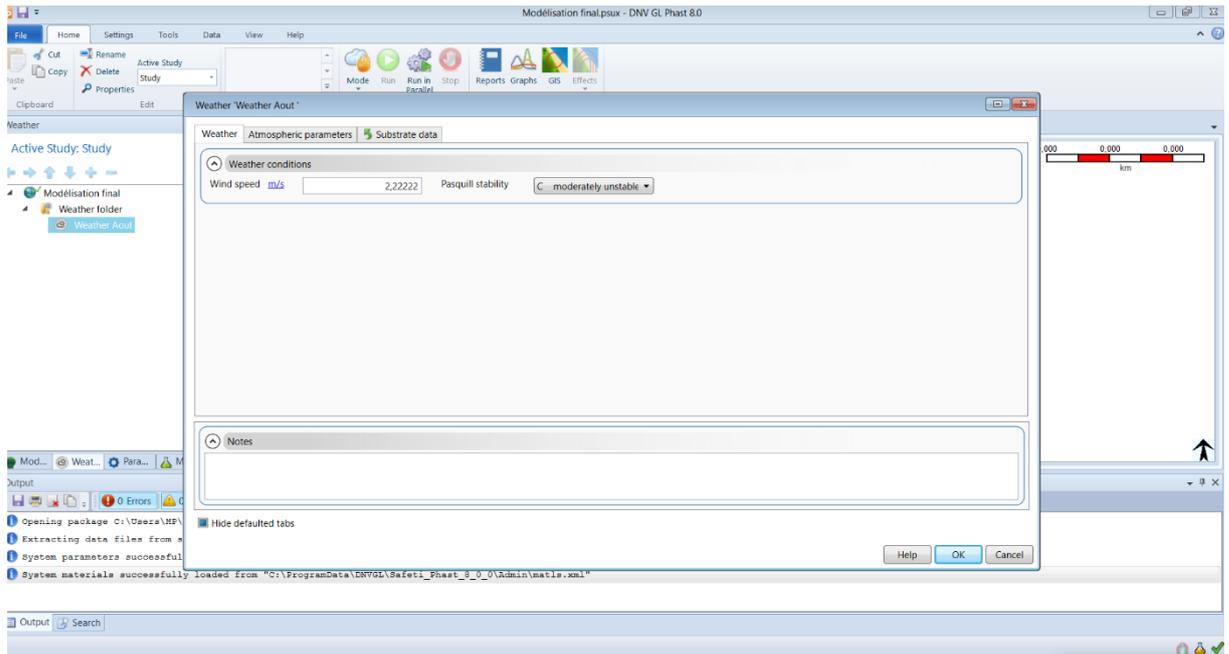


- Différents types de scénarios (rupture catastrophique, fuite, rupture ligne,...)



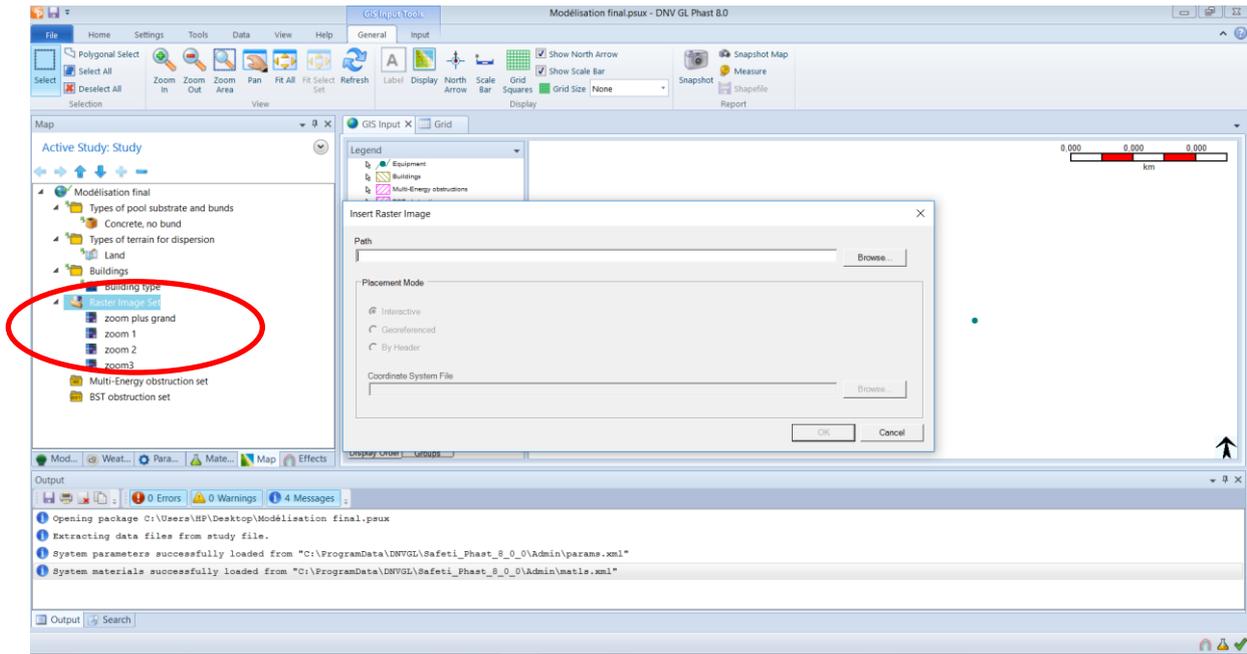
- Caractéristiques des modèles généraux
- Données importantes (Onglets)





- Influence des données
- Paramètres de procédé
- Introduire un modèle général dans l'onglet 'Modèle'

Comment insérer une photo sur le logiciel phast ?



ANNEXE E

Source inflammation :

Il y a plusieurs sources d'inflammation autour des installations de stockage de GNL :

- Navires dans le quai de chargement,
- Installations voisines (GL3/Z) et véhicules passants.

| Sources d' inflammation | Distance entre les bacs et la source d' inflammation [m] | Probabilité d' inflammation en cas de présence de gaz inflammable [%] (anticipé) | Durée d' exposition [s] |
|-------------------------|--|--|-------------------------|
| Zone des compresseurs | 242 | Basse/ 25 | 60 |
| Zone de Four | 446 | Moyenne/ 50 | 40 |
| Trains de production | 168 | Basse / 20 | 60 |
| Sphère de Gazoline | 258 | Moyenne/ En cas de feu de nappe dans ces bacs : 50 | 30 |
| Zone de torchage | 502 | Moyenne 50 | 20 |
| Circulation Routière | 185 | Improbable/ 05 | 60 |

| | | | |
|---------------------|------|-----------|----|
| éthanier accosté | 1186 | Basse /30 | 60 |
|---------------------|------|-----------|----|

Annexe F

Safety Task Assignment (STA) :

SAFETY TASK ASSIGNMENT

The STA should be completed daily for each task. Post this STA in a conspicuous location throughout the length of the task. Each crewmember involved with the task should sign this STA. At the end of the task, give this STA to the Project Management. If deviation from known safe work practice/procedure occurs, work must be stopped.

Supervisor: _____
 Job #: _____ Date: _____
 Location of Task: _____
 Task Description: _____

Does task require special training? Yes No
 If yes, what type? _____

Personal Protective Equipment Required

| | Yes | No | Type |
|---|--------------------------|--------------------------|-------|
| Fall Protection | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Body harness; lifelines; barricades | | | |
| Eye/Face | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Mono goggles; face shield; hood | | | |
| Respirator | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ |
| SCBA; hoseline; HEPA; dust | | | |
| Foot Protection | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Safety shoes; rubber hip boots | | | |
| Hand | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Leather; chemical resistant; gauntlets | | | |
| Clothing | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ |
| Coveralls; welding shield; sleeves; rain suit; FRC; disposable; life vest | | | |

Procedures/Programs Required

| | Yes | No |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Hot Work | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lock, Tag, Try | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Trenching/Excavation | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Signs/Barricades | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Confined Space | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Crane Lift | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Line Breaking | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hot Tapping | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Scaffolds | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Other (Specify) _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Employee Certification Required

| | Yes | No |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Crane Operator | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Forklift Operator | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Mobile Equipment Operator | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Power-Actuated Tool User | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Competent Person (Lead, Asbestos, Excavations, confined space, Hazardous Materials, scaffolds) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Other (specify) _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

General Information

| | Yes | No |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Was Safety involved in the planning of this job? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Have the weather conditions been considered for the task? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| User inspection is required on all tools, ladders, electrical cords, rigging, and safety equipment. Has this been completed? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| | Yes | No |
|---|--------------------------|--------------------------|
| After scaffolds/ladders were inspected, was the inspection tag signed? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Has a hazard assessment been completed with chemicals/materials identified? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Has a fire watch or vessel attendant been trained and assigned? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Are flammable/ combustible materials stored, separated, inspected, and secured per procedure? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Have areas been identified that require fall protective systems (i.e. barricades, static lines, hole covers, etc.)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Have they been installed? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Location of the nearest safety shower: _____ | | |
| Where are trash receptacles available? _____ | | |
| Evacuation staging area: _____ | | |



CONTRACTOR
SAFETY PROGRAM

