République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté des sciences Technologie

Département Génie Procédés et Environnement

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Spécialité : Hygiène et sécurité industrielle

Évaluation des risques liés au stockage des GPL dans la raffinerie d'Alger

Présenté par :

KHELILI Naouel

OUZGHARA Adlan

Encadrée par :

Pr. GUEMANA Mouloud

Année universitaire

2024 / 2025

Remerciements

À la fin de ce travail, nous aimerions tout d’abord remercier Dieu de nous avoir donné le courage et la force nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à notre encadrant, Monsieur GUEMANA Mouloud, pour son soutien moral, sa patience, son aide précieuse et ses conseils avisés tout au long de l’élaboration de ce mémoire.

Je souhaite également adresser mes sincères remerciements à Monsieur KHOUDER Djaber, ingénieur en santé et sécurité environnementale à la raffinerie d'Alger, pour sa patience et ses orientations qui nous ont grandement aidés à finaliser ce travail et à en améliorer la qualité.

Nous remercions aussi les membres du jury qui ont accepté d’évaluer notre modeste travail.

Enfin, nous adressons nos remerciements à tous nos enseignants ainsi qu’à toutes les personnes qui nous ont encouragés, de près ou de loin, durant la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous.



Dédicace

Louange à Allah qui m'a ouvert les portes du savoir et m'a aidé à les traverser.

Je dédie ce modeste travail :

À ceux qui ont été lumière et appui, à celui dont le nom m'honore à chaque instant, à celui qui m'a appris à donner sans attendre en retour : Mon père bien-aimé. Et à celle dont les prières ont été le secret de ma réussite, Ma mère, toi que Dieu a choisie comme raison de mon existence.

À celles que Dieu m'a offertes comme une bénédiction dans ma vie, source de ma force, mon sol solide et le mur fort de mon cœur : Mes sœurs Nesrine et Djamila.

À ceux qui, lorsque le monde se resserrait autour de moi, m'ont offert l'espace de leurs pas, et qui, lorsque je tombais, furent les premiers à me relever par leurs mots. À ceux qui m'ont accompagnée dans leur cœur avant le chemin, mes amies Nourhan, Sondos, Haïfa, Amina, Bouchra, Aya, Meriem, Kawthar, Insane,halima,chaima

À mon honorable encadrant, Monsieur Mouloud GUEMANA, vous avez été plus qu'un guide : un véritable soutien à chaque étape, Je vous adresse ma plus profonde gratitude et mes sincères remerciements.

À Monsieur Djaber Khouder, les mots de remerciement ne suffiront jamais à vous rendre justice. Vous avez toujours été présent par votre savoir, votre soutien inoubliable. Je suis fière de chaque instant d'apprentissage passé à vos côtés.

À mon collègue Adlan OUZGHARA, je dédie ce travail en vous remerciant pour vos efforts et votre aide tout au long de notre parcours commun. Cet accomplissement est le fruit d'une collaboration sincère et d'un travail d'équipe harmonieux.

À ceux qui ont quitté ce monde, je prie Allah de faire de vos tombes des jardins du Paradis, et de nous réunir un jour dans Son immense miséricorde.

Et enfin, à moi-même, à celle à qui j'ai dit un jour : « Je l'obtiendrai », Me voici aujourd'hui, en tant que première diplômée de ma famille, debout sur le seuil de la réussite, récoltant les fruits de mes efforts, et levant fièrement ma casquette avec honneur et fierté. Le chemin a été long, mais j'y suis arrivée, grâce à Dieu.

Dédicace

Louange à Allah qui m'a ouvert les portes du savoir et m'a aidé à les traverser.

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents, qui ont transformé les sacrifices en poésie écrite, et le don de soi en une voie à suivre. Je ne suis que le fruit de leur tendresse et une goutte de l'océan de leur générosité.

À ma sœur Farida et mon frère Fateh, qui ont été pour moi comme une seconde mère et un second père. Je n'oublie pas non plus mes frères et sœurs, Abdel-Nour, Hicham, Hayat et Nassima, qui ont été mes ailes dans chaque épreuve et chaque moment de joie.

Deuxièmement : La chère Chaouch Mayssa À toi, la plus précieuse de mes possessions, toi qui as été mon refuge quand le monde se rétrécissait, et ma lumière quand les chemins s'assombrissaient. Tu as dans mon cœur une place aux profondeurs insondables, et un amour sans fin. Merci d'avoir été plus qu'une sœur, plus qu'une amie… Tu as été le baiser sur mon front quand la fatigue m'accablait, et la main qui me rattrapait quand je trébuchais.

Troisièmement : Le respectable professeur Mouloud GUEMANA, qui a été comme un père spirituel dans mon parcours académique.

Quatrièmement : Les compagnons de route *Ma collègue Naouel KHELILI, qui a été le meilleur soutien scientifique et moral. Naouel, les mots de gratitude ne suffiront jamais à te rendre justice, mais ils sont l'expression sincère de ma reconnaissance. Tu as porté le plus lourd fardeau dans cette recherche, et tu mérites toute la gratitude du cœur… Merci, Naouel KHELILI, pour tout le dévouement et la patience dont tu as fait preuve dans l'accomplissement de ce travail. Tu as été le meilleur soutien et la meilleure partenaire."Tous mes camarades et amis, qui ont fait de l'apprentissage un voyage inoubliable.

Enfin : A tous ceux qui ont offert leur aide ou une parole bienveillante, accompagnés d'une prière pour leur rétribution. En conclusion, louange à Allah par qui les bienfaits s'accomplissent et les difficultés se dissipent.

الملخص

تلعب السلامة دورًا حيويًا في مصافي التكرير. يركز هذا المشروع على تقييم المخاطر في مصفاة جزائرية، وهو مجال بالغ الأهمية للسلامة الصناعية. ونظرًا لطبيعة المنتجات القابلة للاشتعال والسامة، يهدف المشروع إلى تحديد المخاطر داخل وحدة التكرير وتحليلها وتحديد أولوياتها، ثم اقتراح توصيات للتخفيف منها. وسيتحقق هذا الهدف باستخدام منهجية(HAZOP المخاطر والإمكانات التشغيلية).

تُستخدم منهجية HAZOP ، وهي تقنية تحليل منهجية ومنظمة، لتحديد المخاطر المحتملة والانحرافات عن التشغيل الاعتيادي المرتبطة بخزانات التخزين. وسيتيح التحليل الدقيق لإرشادات HAZOP اقتراح إجراءات وقائية وتصحيحية للحد من المخاطر وتحسين سلامة المنشأة.

سيساعد هذا المشروع على الحد من مخاطر الحوادث الكبرى والتسريبات والحرائق، مع حماية البيئة وضمان استمرارية عمليات التكرير. بالإضافة إلى ذلك، سيعزز مهارات مهندسي وفنيي المصافي في إدارة السلامة وتحليل المخاطر.

الكلمات المفتاحية: HAZOP ، FMEA، المخاطر، خزانات التخزين، التكرير

Résumé

La sécurité joue un rôle essentiel dans les raffineries. Ce projet porte sur l'évaluation des risques dans une raffinerie algérienne, un domaine critique pour la sécurité industrielle. Compte tenu de la nature inflammable et toxique des produits, le projet vise à identifier, analyser et hiérarchiser les risques au sein de l'unité de raffinage, puis à proposer des recommandations d'atténuation. Cet objectif sera atteint grâce à la méthodologie HAZOP (Hazard and Operational Potential).

HAZOP, une technique d'analyse systématique et structurée, sera utilisée pour identifier les dangers potentiels et les écarts par rapport au fonctionnement normal associés aux réservoirs de stockage. Une analyse approfondie des directives HAZOP permettra de proposer des actions préventives et correctives pour réduire les risques et améliorer la sécurité des installations.

Ce projet contribuera à réduire les risques d'accidents majeurs, de fuites et d'incendies, tout en protégeant l'environnement et en assurant la continuité des opérations de raffinage. De plus, il renforcera les compétences des ingénieurs et techniciens de raffinerie en matière de gestion de la sécurité et d'analyse des risques.

Mots-clés : HAZOP, AMDEC, risques, réservoirs de stockage, raffinage.

Abstract:

Safety plays a vital role in refineries. This project focuses on risk assessment in an Algerian refinery, a critical area for industrial safety. Given the flammable and toxic nature of the products, the project aims to identify, analyze, and prioritize risks within the refining unit, and then propose mitigation recommendations. This objective will be achieved using the HAZOP (Hazard and Operational Potential) methodology.

HAZOP, a systematic and structured analysis technique, will be used to identify potential hazards and deviations from normal operation associated with storage tanks. A thorough analysis of HAZOP guidelines will allow for the proposal of preventive and corrective actions to reduce risks and improve facility safety.

This project will help reduce the risk of major accidents, leaks, and fires, while protecting the environment and ensuring the continuity of refining operations. In addition, it will strengthen the skills of refinery engineers and technicians in safety management and risk analysis.

Keywords: HAZOP, FMEA, risks, storage tanks, refining.

Table des matières

Résumé

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERAL 1

Chapitre I : Présentation 4

Générale de la Raffinerie Sidi-Arcine à Alger 4

I.1.Introduction : 5

I.2.Historique : 5

I.3.Position géographique de la raffinerie d'Alger : 6

I.4.Organigramme de la raffineried'Alger : 7

I.5.Département Hygiène, Sécurité et environnement : 7

I.6. Organisation du Département Hygiène, Sécurité et Environnement : 8

I.6.1. Service intervention : 8

I.6.2. Service prévention : 8

I.6.3. Service protection de l'environnement : 9

I.7. Description des installations : 10

I.7.1. Description de l'unité de distillation atmosphérique 100 : 10

I.7.2.Une unité de séparation du gaz liquide U300 « GAS PLANT » 11

I.7.3. RFCC (Unité 530) / MEROX (Unité 600) : 11

I.7.4. Unité MS Block : 12

I.7.4.1 Unité d'Hydrotraitement de Naphta (NHT) : 12

I.7.4.2. Unité CCR de Reformage du Naphta Lourd (CCR) : 13

I.7.4.3. Unité d'Isomérisation de Naphta Léger : 13

I.7.5. Unité de traitement du soufre : 14

I.7.6. Zone Utilités : 14

I.7.6.1. Production d'énergie électrique et de vapeur (CPP) : 14

I.7.6.2. Système d'eau incendie : 14

I.7.6.3. Système d'eau potable : 14

I.7.6.4. Système d'eau déminéralisée (U720) : 15

I.7.6.5. Système d'eau de refroidissement (U710/711): 15

I.7.6.6. Système de fuel oïl et fuel gas : 15

I.7.6.7. Station de production d'air comprimé : 15

I.8. Effluent traitement plant (ETP) : 16

I.9. Ateliers de maintenance : 16
I.10. Salle de contrôle CCR : 17
I.11.Le laboratoire : 17
I.12. Description le parc de stockage : 18
I.12.1.Stockage des produits finis et intermédiaire : 18
I.12.2. Stockage des Gaz (Sphère) : 20
I.13.Conclusion : 21
CHAPITRE 02 : 22
Traitement et stockage du GPL : risques associés 22
II.1.Introduction: 23
II.2. Historique: 23
II.3. Le process de raffinage : 23
II.3.1.Généralités sur le raffinage : 23
II.3.2.Les différentes étapes de traitement du pétrole brut : 23
II.4.Gaz de pétrole liquéfié (GPL) : 26
II.4.1.Définition des gaz de pétrole liquéfié (GPL) : 26
II.4.2.Origine du (GPL) : 26
II.5. Section de stockage et de transfert du GPL : 29
II.6. Equipements de la sphère de stockage GPL : 31
II.7. Principe de sécurité appliqué à la sphère de stockage des GPL : 34
II.8.Les risques liés aux opérations de traitement et de transport deGPL: 36
II.8.1.Différents risques majeurs : 36
II.8.1.1.Risquesd'incendie : 36
II.8.1.2.La pollution : 38
II.8.1.3.Risqued'explosion : 39
II.8.2. Les différents phénomènes d'explosions liés au stockage des GPL: 42
II.8.2.1.BLEVE (boiling liquid expanding vapeur explosion): 42
II.8.2.2.Le phénomène UVCE : « Unconfined Vapor Cloud Explosion » : 44
II.8.Conclusion : 45
Chapitre III : Méthodes d'analyse des risques 46
III.1.Introduction 47
III.1.1. Identification des sources de danger : 47
III.1.2.Evaluation du risque : 47
III.1.3. Estimation du risque : 48

III.1.4.Acceptation du risque : 48
III.1.5. Réduction du risque : 48
III.1.6.Définition du système et des objectifs a atteindre: 49
III.1.6.1.Définition du système: 49
III.1.6.2.Définition des objectifs atteindre : 49
III.1.7. Critères de choix : 49
III.1.8. Les méthodes d'analyse des risques : 50
III.2.La méthode AMDEC : 51
III.2.1.Historique et domained'applications : 51
III.2.2. Définition : 51
III.2.3.Définitions des différents typesd'AMDEC: 51
III.2.4.Objectif de l'AMDEC : 51
III.2.5. Principe de l'AMDEC : 52
III.2.6. Les étapes de la méthode AMDEC : 52
III.2.7. Limites etavantage : 53
III.3.La Méthode HAZOP : 53
III.3.1.Historique et domaine d'application : 53
III.3.2. Principe de la méthode : 54
III.3.3.Objectifs Spécifiques d'une Étude HAZOP : 55
III.3.4.Déroulement : 55
III.3.4.1. Définition du mot-clé (colonne 2) : 56
III.3.4.2. Définition des paramètres (colonne 3) : 57
III.3.4.3. Causes et conséquences de la dérive (colonnes 4 et 5) : 58
III.3.4.4 Moyens de détection, sécurités existantes et propositions (colonnes 6, 7 et 8) : . 58
III.2. 5.Équipe d'étude HAZOP : 60
III.2.6. Limites Et Avantages: 61
Chapitre IV : Application la méthode HAZOP sur 62
Bac de stockage du Gaz Butane S5 62
IV.1. Introduction : 63
IV. 2 Conclusion 69
CONCLUSION GENERALE 70
REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE 72

LISTE DES FIGURES :

Chapitre I
Figure I.1:vue aérienne de la raffinerie d'Alger.
Figure I.2 : Organigramme de l'entreprise.
Figure I.3 : Organigramme de département sécurité industrielle
Figure I.4 : unité 100 distillation atmosphérique.
Figure I.5 : unité 300 traitement des gaz.
Figure I.6 : L'unité craquage catalytique du fuel (Unité 530).
Figure I.7 : L'unité de traitement du Naphta (Unité 500).
Figure I.8 : L'unité de traitement du Soufre.
Figure I.9 : La zone utilités.
Figure I.10 : Service de maintenance.
Figure I.11 : Sphère de stockage Gaz.
Chapitre II :
Figure II.1 : Distillation du pétrole brut
Figure II.2 : Vue de haut de la RA1G, zone de stockage GPL.
Figure II.3 : Circuit des GPL.
Figure II.4 : Zone de stockage des GPL.
Figure II.5 : Schéma présentant les sections de la sphère (S5).
Figure II.6 : Equipements de la sphère S5 (partie inferieure).
Figure II.7 : Equipements de la sphère S5 (partie supérieure).
Figure II.8: Equipement de la sphère S5 (vue de face).
Figure II.9 : Schéma descriptif des équipements de la sphère.
Figure II.10 : Dispositif de refroidissement de la sphère (S5) des GPL.
Figure II.11 : Détecteur de gaz.
Figure II.12 : Présent triangle de feu.
Figure II.13 : Les limites d'explosions.
Figure II.14 : Hexagone d'explosion.
Figure II.15 : réservoir sphérique de stockage.
Figure II.16: Déroulement du BLEVE.
Figure II.17: Déroulement de l'UVCE.
Chapitre III
Figure III.1: La démarche AMDEC.
Figure III.2 : Déroulement de la méthode HAZOP

LISTE DES TABLEAUX :

Chapitre I :
Tableau I.1. : Service maintenance
Tableau I.2:Les bacs de stockage Liquides (Ancien parc)
Tableau I.3: Les bacs de stockages Liquides (Nouveau parc)
Tableau I.4: Stockage des Gaz (BUTANE ET PROPANE)
Chapitre III :
Tableau III.1 : Critères de choix pour les principales méthodes d'analyse des risques
Tableau III.2 : Exemple de tableau pour l'HAZOP
Tableau III.3 : Exemples des mots-clés pour l'HAZOP (norme CEI : 61882)
Tableau III.4 : Rôle Equipe d'étude HAZOP.
Chapitre IV :
Tableau IV.1. Application de HAZOP – Paramètre de Pression
Tableau IV.2. Application de HAZOP – Paramètre de débit
Tableau IV.3. Application de HAZOP – Paramètre de Température
Tableau IV.4. Application de HAZOP – Paramètre de Niveau

Abréviation
RA1G : Raffiner d'Alger
HSE : Hygiène et Sécurité Environnementale
POI : Plan d'Organisation Interne
PORSEC : Plans d'organisation des secours
LCO: Light Cycle Oil
CLO: Clarified Oil
MCB: Main Column Bottoms
FGATU: Fuel Gas Amine Treating Unit
ETP : Effluent traitement plant
GPL : Gaz de pétrole liquéfié
LIE : limite inférieure d'explosivité
BLEVE : boiling liquid expanding vapeur explosion
UVCE : Unconfined Vapor Cloud Explosion
APR : Analyse Préliminaire des Risque
HAZOP : Hazard and Operability Study
AMDEC : analyse des modes des défaillances, de leur effet et de leur criticité
UIC : Union des Industries Chimiques

INTRODUCTION GENERAL

Introduction :

L'industrie pétrolière joue un rôle déterminant dans l'économie algérienne, en tant que principal levier de croissance et de développement. Toutefois, ce secteur est également l'un des plus exposés aux risques industriels majeurs, en raison de la nature des produits manipulés (hydrocarbures inflammables, toxiques et explosifs), de la complexité des procédés mis en œuvre et de l'interdépendance entre les différentes unités de traitement et de stockage.

Dans ce contexte, la gestion des risques devient une exigence incontournable pour garantir la sécurité des personnes, protéger les installations, limiter les impacts environnementaux, et assurer la continuité des opérations. Les incidents industriels survenant dans les raffineries peuvent avoir des conséquences dramatiques : pertes humaines, dégâts matériels, pollution de grande ampleur et arrêts prolongés de production. D'où l'importance d'une approche préventive et systématique basée sur l'identification, l'évaluation et le traitement des risques.

Ce mémoire s'inscrit dans cette logique de prévention et d'amélioration continue. Intitulé «*Évaluation des risques liés au stockage des GPL dans la raffinerie d'Alger*», il propose une étude de cas appliquée à la raffinerie d'Alger (RA1G), et s'articule autour de quatre chapitres complémentaires :

Chapitre I : Présentation générale de la raffinerie Sidi Arcine à Alger

Ce premier chapitre fournit un aperçu détaillé de la raffinerie RA1G, incluant son historique, son organisation interne, ses principales unités de traitement, ses systèmes de sécurité et ses infrastructures de stockage. L'accent y est mis sur la politique HSE (Hygiène, Sécurité, Environnement) de SONATRACH et sur les moyens mis en œuvre pour anticiper et gérer les situations à risque.

Chapitre II : Traitement et stockage du GPL – Risques associés

Le deuxième chapitre traite des caractéristiques des gaz de pétrole liquéfiés (GPL), en particulier le butane et le propane, ainsi que des procédés de traitement, de transfert et de stockage utilisés au sein de la raffinerie. Il identifie les risques spécifiques liés aux GPL, notamment les risques d'incendie, d'explosion (BLEVE, UVCE), de pollution, et présente les dispositifs de sécurité intégrés aux sphères de stockage.

Chapitre III : Méthodes d'analyse des risques industriels

Ce chapitre présente un panorama des principales méthodes d'évaluation des risques, avec un focus sur les approches les plus pertinentes pour les installations

industrielles à hauts risques. Parmi ces méthodes, l'analyse HAZOP (Hazard and Operability Study) est particulièrement mise en avant pour sa capacité à détecter de manière structurée les déviations dangereuses dans les processus complexes.

Chapitre IV : Application de la méthode HAZOP sur le bac de stockage du gaz Butane (S5)

Enfin, le dernier chapitre illustre l'application concrète de la méthode HAZOP sur deux sphères de stockage de gaz Butane (S5) de la raffinerie. À travers l'analyse de quatre paramètres critiques (pression, température, niveau, débit), ce chapitre identifie les déviations potentielles, leurs causes, leurs conséquences, les mesures de sécurité existantes, ainsi que des recommandations d'amélioration pour renforcer la fiabilité et la sûreté du système.

Ainsi, ce mémoire vise à démontrer l'importance de la maîtrise des risques dans un environnement industriel à haute sensibilité. Il met en lumière les outils d'analyse performants tels que la méthode HAZOP, et souligne la nécessité d'une culture de sécurité forte et proactive au sein des raffineries. L'évaluation rigoureuse des risques constitue une étape clé pour anticiper les dangers, réduire les probabilités d'incident, et garantir une exploitation durable des installations pétrolières.

Chapitre I :

Présentation

Générale de la Raffinerie Sidi-Arcine à Alger

I.1.Introduction :

En Algérie, l'industrie du raffinage a vu le jour avec la découverte et l'exploitation du pétrole brut à Hassi Messaoud. La première unité de raffinage a été construite sur le site même de la découverte, dans le but de répondre aux besoins croissants des entreprises opérant dans la recherche et l'exploitation du pétrole brut.

Dès l'obtention de son indépendance, l'Algérie s'est engagée dans une dynamique de développement économique en favorisant la mise en place d'une industrie pétrolière axée sur la transformation systématique des hydrocarbures.

I.2.Historique :

La raffinerie d'Alger, anciennement connue sous le nom de NAFTEC, est une filiale de SONATRACH spécialisée dans le raffinage et la distribution des produits pétroliers sur le marché algérien. Mise en service en février 1964, elle a connu plusieurs restructurations au fil des années. À l'origine, le raffinage faisait partie intégrante des activités de SONATRACH. En 1982, cette activité a été dissociée de la distribution pour donner naissance à l'Entreprise Nationale de Raffinage et de Distribution des Produits Pétroliers (ERDP-NAFTAL). Par la suite, en 1988, le raffinage a été séparé de la distribution et transformé en Entreprise Nationale de Raffinage de Pétrole, NAFTEC Algérie. En avril 1998, NAFTEC devient une filiale détenue à 100 % par le Holding Raffinage et Chimie du Groupe SONATRACH, sous le nom de Société Nationale de Raffinage de Pétrole, NAFTEC Spa, avec un capital social de 12 milliards de dinars algériens.

Entre le 10 janvier 1964 et 1971, la raffinerie d'Alger était alimentée en pétrole brut par des tankers transportant du pétrole depuis le port pétrolier de Bejaïa jusqu'au port d'Alger, avant d'être acheminé vers les installations de stockage. À partir de 1971, un raccordement a été effectué à Béni-Mansour à partir d'un pipeline de 24" reliant Hassi-Messaoud, avec la mise en place d'un oléoduc de 16" pour l'alimentation en pétrole brut. Cette période a également vu l'extension des infrastructures de stockage, avec l'ajout d'un bac de brut, plusieurs réservoirs pour les produits finis et semi-finis, ainsi qu'une sphère de butane.

Aujourd'hui, la raffinerie d'Alger est alimentée en pétrole brut provenant de Hassi-Messaoud, reconnu pour sa faible teneur en soufre et sa richesse en hydrocarbures légers, ce qui en fait une ressource précieuse pour le raffinage.

I.3.Position géographique de la raffinerie d'Alger :

La raffinerie d'Alger est située à Sidi Arcine sur la commune de Baraki à 20km à l'est d'Alger et se trouve à une altitude de 20 m.

Le site de la raffinerie d'Alger occupe une superficie totale de 182 hectares (bâti et clôturé 96 Hectares) et est délimitée :

- Au Nord-Ouest par le dépôt NAFTAL GPL et le centre enfuteur
- Au Nord par les habitons d'El Harrach
- Au Sud par les habitations de Baraki
- Au Sud Est par la Direction Générale de SONATRACH/ACTIVITÉ AVAL/DIVISION RAFFINAGE et le siège de Sonatrach/TRC
- Au Nord, Nord-Ouest, Sud-ouest et Est par des terrains agricoles.

La raffinerie d'Alger est liée au port pétrolier par une nappe de pipes d'une longueur de 14 km. Cette nappe est essentiellement souterraine. Néanmoins elle présente quelques portions aériennes :

- À l'intérieur de dépôts à accès réglementé (2 portions aériennes)
- À proximité d'habitations et d'infrastructures de transport pour la traversée de cours d'eau notamment (3 portions aériennes).

Le port pétrolier se trouve dans l'enceinte du port d'Alger du coté Est, appelé aussi Quai 37.



Figure I.1 : la raffinerie d'Alger.

I.4.Organigramme de la raffinerie d'Alger :

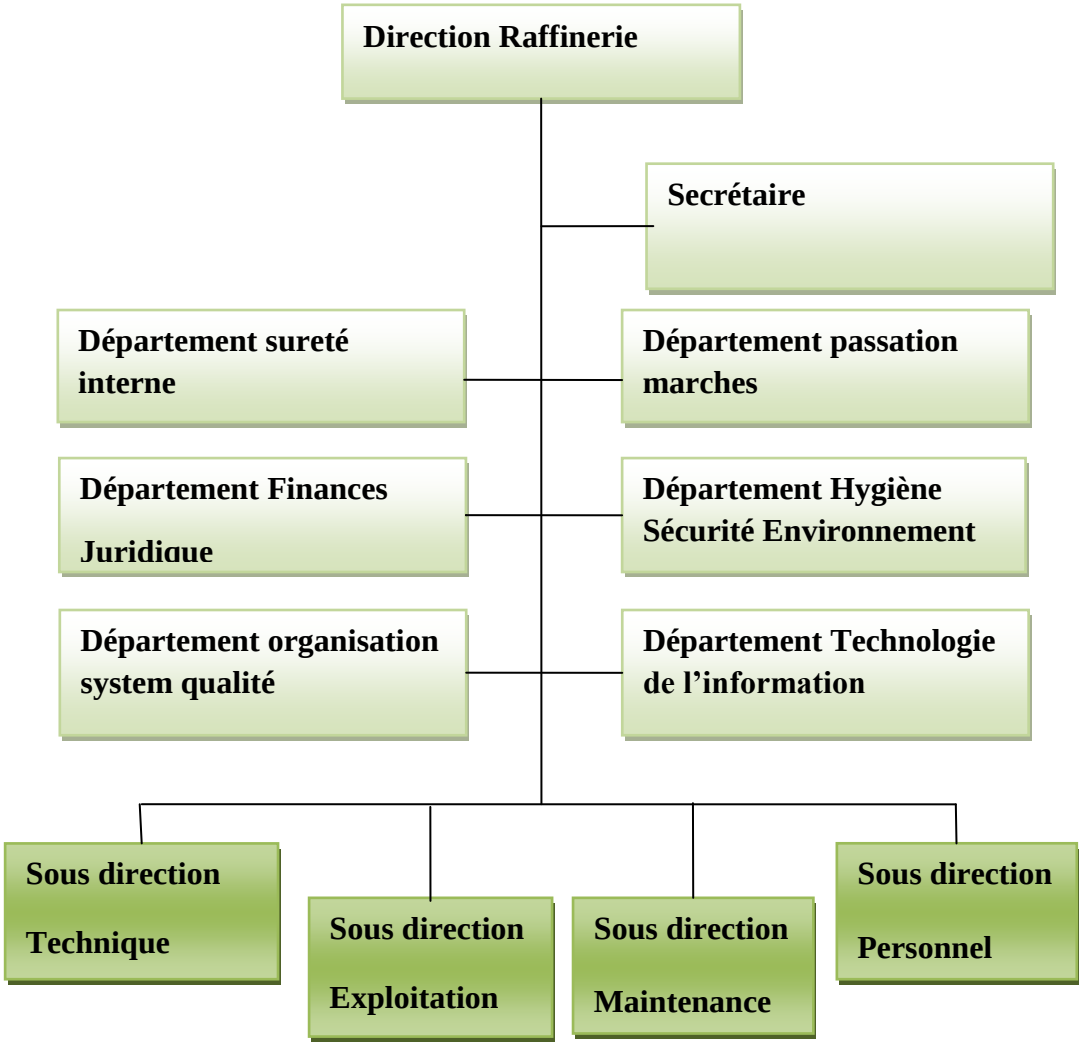


Figure I.2 : Organigramme de l'entreprise.

I.5.Département Hygiène, Sécurité et environnement :

La politique de sécurité adoptée par SONATRACH/ACTIVITÉ AVAL/DIVISION RAFFINAGE est mise en œuvre sur les différents sites par le département Hygiène, Sécurité et Environnement (HSE), qui s'assure de son application correcte. Cette politique est également intégrée dans un manuel HSE, qui contient les mesures de sécurité spécifiques appliquées sur les sites.

La sécurité est également abordée dans les manuels opératoires, où chaque unité de l'installation dispose de procédures spécifiques au procédé, permettant aux opérateurs de maîtriser les procédés et l'exploitation.

Comme indiqué précédemment, en cas d'incident, la raffinerie peut compter sur des

moyens d'intervention appropriés, comprenant des équipements fixes et mobiles ainsi qu'un personnel adéquatement formé.

Un manuel de sécurité est remis à chaque membre du personnel, incluant les consignes générales pour la lutte contre l'incendie.

Enfin, la raffinerie et le port pétrolier disposent d'un Plan d'Organisation Interne (POI) pour la gestion des risques d'incendie et d'explosion.

I.6. Organisation du Département Hygiène, Sécurité et Environnement :

Le département Hygiène, Sécurité et Environnement sont composés de 3 services :

- Service Intervention.
- Service Prévention.
- Service Environnement.

I.6.1. Service intervention :

Ce service, composé de **56** agents assure d'une manière continue, la surveillance et les interventions sur les installations. Le service intervention a pour tâches principales :

- Protéger et sauvegarder le personnel ainsi que le patrimoine de l'entreprise.
- Mener, en cas d'urgence, les actions conformément aux différents plans d'organisation des secours : POI, Plan ORSEC….
- S'intégrer aux opérations d'intervention dans le cadre de l'assistance mutuelle.
- Gérer les installations et les équipements d'intervention et de secours.
- Concrétiser les programmes de formation et d'exercices de lutte contre l'incendie.

I.6.2. Service prévention :

Le service prévention a pour tâches principales :

- Prévoir les risques d'accident et d'incident au sein des installations de l'entreprise.
- Garantir le respect des normes et réglementations de sécurité.
- Assister et contrôler tous les organes et structures d'exploitation en matière de sécurité.
- Promouvoir et développer l'organisation globale en matière d'hygiène et de sécurité.
- Diffuser les consignes de sécurité.
- Sensibiliser l'ensemble du personnel aux règles en matière de sécurité et d'hygiène.
- Contrôler les installations techniques et assurer le suivi des travaux.

- Réaliser des enquêtes et des statistiques des accidents du travail.

I.6.3. Service protection de l'environnement :

Le service Environnement a pour tâches principales :

La gestion, le contrôle et l'élimination des différents déchets :

- Les rejets Liquides
- Déchets solides
- Les rejets atmosphériques
- Domaine sol et sous-sol
- Pollutions sonores
- Luminosité.
- Potabilité de l'eau.
- Gestion des produits chimiques.

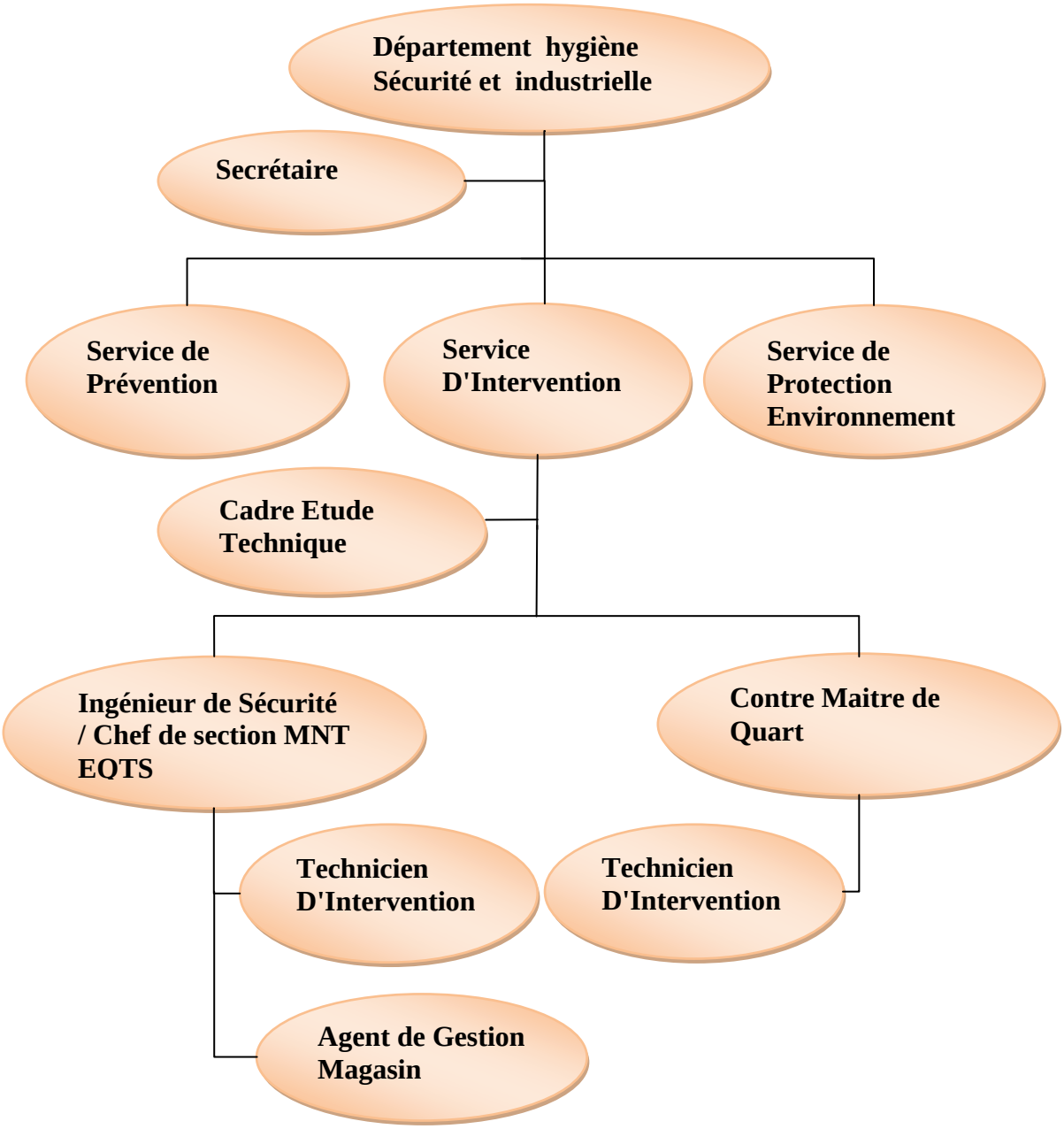


Figure I.3 : Organigramme de département sécurité industrielle

I.7. Description des installations :

I.7.1. Description de l'unité de distillation atmosphérique 100 :

C'est une unité de distillation qui permet de fractionner le pétrole brut en ses différents dérivés, notamment :

•Les hydrocarbures légers : ces gaz incondensables sont brûlés dans les fours de la raffinerie, tandis que le butane et le propane sont traités dans l'unité Gas-Plant.

•L'essence légère, utilisée comme carburant automobile.

•Les solvants légers et lourds.

•Le kérosène, qui produit le Jet A1, le pétrole lampant et le carburéacteur.

•Le gas-oil léger, matière première du gas-oil moteur commercial (GOMC).

•Le gas-oil lourd, utilisé dans les fuels légers.

•Le fuel destine à l'exportation,



Figure I.4: unité 100 distillation atmosphérique.

I.7.2.Une unité de séparation du gaz liquide U300 « GAS PLANT »

C'est l'unité de traitement des gaz (gaz-plant), elle a pour but la séparation du propane et butane venant de l'unité 100 et RFCC afin de les stocker et commercialiser.



Figure I.5: unité 300 traitement des gaz.

I.7.3. RFCC (Unité 530) / MEROX (Unité 600) :

L'unité RFCC Résiduel Catalytic Cracking est conçue pour traiter 1MT par an à partir du résidu atmosphérique obtenu dans l'unité de distillation atmosphérique (unité 100), à l'aide

d'un procédé de craquage catalytique à haute température, l'unité RFCC UNIT -530-permet d'obtenir des produits légers :

- LPG
- LCO: Light Cycle Oil
- CLO: Clarified Oil oubien (MCB: Main Column Bottoms).

Ces produits légers seront utilisés dans la fabrication des carburants afin d'obtenir des produits finaux à haut indice d'octane et à haute valeur marchande. Cette unité est composée de trois sections distinctes :

- Section de régénération du Réacteur,
- Section de la colonne principale,
- Section de concentration de gaz.

Une autre unité est associée à l'unité RFCC, permettant de traiter une partie des GPL issus de la section de concentration des gaz. Cette unité, nommée MEROX UNIT-600- va éliminer le soufre et le mercaptan contenu dans les gaz.



Figure I.6 : L'unité craquage catalytique du fuel (Unité 530)

I.7.4. Unité MS Block :

Cette section présente une unité intégrée dans le nouveau projet de raffinerie, dédiée au traitement du naphta, avec trois sous-unités distinctes :

I.7.4.1 Unité d'Hydrotraitement de Naphta (NHT) :

L'unité d'hydrotraitement du naphta a pour objectif de produire des charges hydro traitées, dépourvues de contaminants, pour alimenter les unités d'isomérisation (unité 510) et de reformage (unité 520). Les niveaux de contaminants tels que lesoufre, l'azote, l'eau,

les halogènes, les dioléfines, les oléfines, le mercure, l'arsenic et autres métaux doivent être suffisamment bas pour ne pas compromettre les opérations des unités en aval. Cette unité reçoit du naphta de distillation directe, extrait du pétrole brut en amont. Le naphta contient des concentrations de contaminants susceptibles de nuire aux catalyseurs de reformage et d'isomérisation, nécessitant ainsi un prétraitement.

I.7.4.2. Unité CCR de Reformage du Naphta Lourd (CCR) :

Le procédé de reformage vise à produire un reformat à indice d'octane élevé, constituant majeur du carburant, ainsi qu'un gaz riche en hydrogène. La charge peut provenir de naphta de distillation directe ou de naphta de craquage, souvent mélangés. Vu la présence systématique de contaminants et les spécificités du naphta de craquage, un prétraitement élaboré est toujours nécessaire. Le reformage catalytique, basé sur une technologie propriétaire, se divise en deux sections :

•Le reformage catalytique, avec réacteurs, réchauffeurs, récupération de l'effluent et stabilisation.

•La circulation et régénération continue du catalyseur, utilisant une technologie de manipulation de solides et de lit mobile.

I.7.4.3. Unité d'Isomérisation de Naphta Léger :

Ce procédé vise à augmenter l'indice d'octane recherche (RON) et l'indice d'octane moteur (MON) du naphta léger (principalement C5/C6) avant son mélange dans le pool carburant. Le naphta léger contient généralement une forte proportion d'isomères normaux, ce qui se traduit par un faible indice d'octane (< 68). L'isomérisation transforme ces isomères normaux à faible indice en isomères ramifiés à indice d'octane plus élevé.



Figure I.7 : L'unité de traitement du Naphta (Unité 500)

I.7.5. Unité de traitement du soufre :

La section de traitement du soufre se divise en quatre unités :

-Unité de traitement des gaz acide (fuel-gaz) À l'amine (U 560).

-Unité de stripages des eaux acide (U 570).

-Unité de régénération de l'amine (U 580).

-Unité de récupération du Soufre (U 590).



Figure II.8 : L'unité de traitement du Soufre

I.7.6. Zone Utilités :

La zone des utilités a pour objectif de fournir diverses ressources nécessaires (air comprimé, électricité, vapeur, eau pour différents usages) au reste de la raffinerie. Les utilités se décomposent comme suit :

I.7.6.1. Production d'énergie électrique et de vapeur (CPP) :

Cette unité est conçue pour fournir de la vapeur et de l'électricité à toutes les unités de la raffinerie.

I.7.6.2. Système d'eau incendie :

Le nouveau système d'eau incendie est installé pour répondre aux besoins en eau des unités 740 et 741, avec un débit de 4088 m^3/h, couvrant la surface des unités et la zone de stockage.

I.7.6.3. Système d'eau potable :

L'unité existante U730 assure une alimentation continue en eau potable pour les bâtiments et le système de refroidissement de la torche. Cette unité est alimentée par l'unité de Raw Water du réservoir T2 via les pompes G305, G306 et G307. L'eau est filtrée et traitée avec du sodium hypochlorite pour produire de l'eau potable.

I.7.6.4. Système d'eau déminéralisée (U720) :

L'unité de déminéralisation U720 reçoit l'eau brute de l'unité Raw Water U701 située
dans la raffinerie et la traite pour la transformer en eau déminéralisée. L'eaudéminéralisée est ensuite distribuée aux différents consommateurs de la raffinerie pour les usages suivants :

•Alimentation des chaudières

•Solvant pour la préparation des solutions chimiques

•Eau pour les dilutions, réactions et lavages

I.7.6.5. Système d'eau de refroidissement (U710/711):

L'unité de cooling water fournit de l'eau à une température adéquate pour les différentes unités de la raffinerie et est alimentée par l'eau brute de l'unité U710. Les utilisateurs de l'unité 711 incluent :

•MS Block

•RFCC Block

•Sulfure Block

•Zone des réservoirs

•Nouvelles utilités (unités 751, 781, 810, 830, 840)

I.7.6.6. Système de fuel oïl et fuel gaz :

Cette unité assure l'alimentation en fuel gaz et fuel oïl pour les consommateurs de la nouvelle unité CPP, notamment les deux chaudières et la chaudière de récupération.

I.7.6.7. Station de production d'air comprimé :

L'air comprimé est essentiel pour répondre aux besoins suivants dans la raffinerie :

•Air d'instrumentation pour le fonctionnement de divers instruments et la purge de certains panneaux de contrôle

•Air de service pour les stations d'air, la régénération des catalyseurs, le décokage des fours, etc.

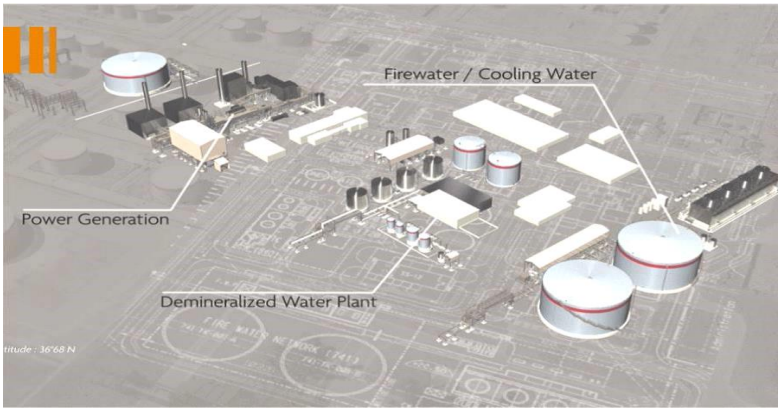


Figure I.9 : La zone utilités

I.8. Effluent traitement plant (ETP) :

L'objectif de l'unité 850 de la raffinerie d'Alger est de traiter toutes les eaux usées générées par l'exploitation de la raffinerie. Ces eaux usées sont collectées et traitées dans la nouvelle station de traitement des effluents (ETP).

Les principaux effluents provenant de la raffinerie incluent :

•Les effluents potentiellement contaminés par des hydrocarbures.

•Les effluents continuellement contaminés par des hydrocarbures.

•Les effluents non contaminés par des hydrocarbures.

I.9. Ateliers de maintenance :

Dans cet atelier, l'équipe de maintenance est chargée pour réparer les équipements de différentes unités tel que : pompes, échangeurs, vannes, moteurs ... etc.

Maintenance (G) (planning et méthode) :

C'est la plaque tournante de la maintenance à travers le programme journalier de travail.

Identification du Bac Produit Capacité ($m3$)

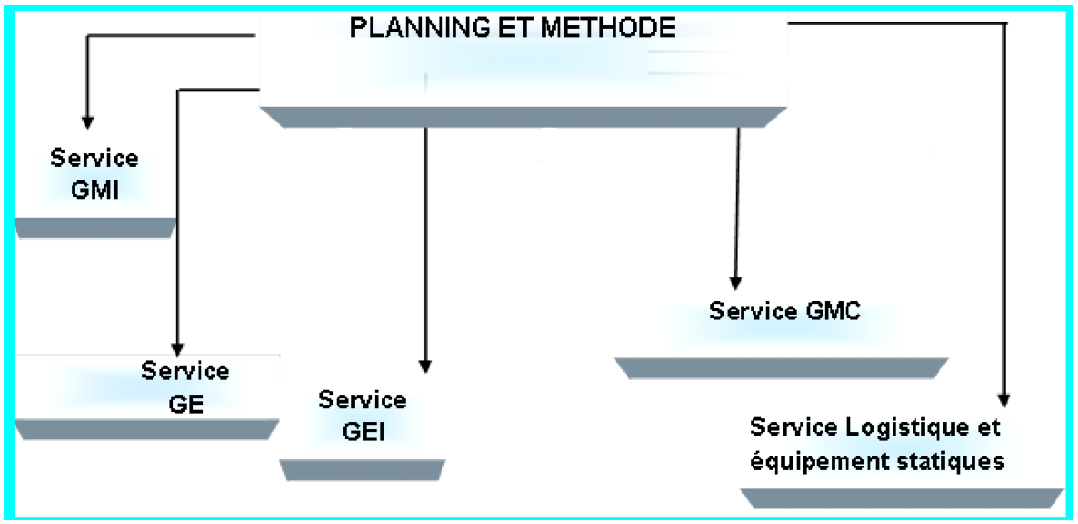


Figure I.10 : Service de maintenance

TABLEAU I.1.:Service maintenance

GMI	Service maintenance mécanique industrielle
GE	Service maintenance électrique
GEI	Service maintenance électronique instrumentation
GMC	Service maintenance chaudronnerie

En cas de problème, l'opérateur doit en informer le chef de quart, puis le service mécanique. Une intervention sur site sera effectuée en fonction du degré de gravité, avec un permis de travail (à froid ou à chaud). La décision sera prise après une réunion des responsables de la zone, de la sécurité et du chef de département mécanique.

I.10. Salle de contrôle CCR :

Le nombre important d'appareils de mesure équipant une unité de raffinage a conduit à la nécessité de contrôler dans une salle de contrôle toutes les informations nécessaires à la marche de l'unité (températures, pression, débit, niveau, contrôle des vannes…etc.

I.11.Le laboratoire :

La raffinerie possède un laboratoire de contrôle où sont effectuées les analyses sur les différents produits intermédiaires ou finis.

I.12. Description le parc de stockage :

Le stockage massif des liquides dans les industries du pétrole, de la pétrochimie et de la chimie se fait principalement dans des réservoirs métalliques soudés, installés à l'air libre et reposant sur le sol (réservoirs aériens). Ces réservoirs ont des capacités très variées, allant de quelques centaines de mètres cubes pour de nombreux produits chimiques à des volumes bien plus importants pour le pétrole brut. Par exemple, certains terminaux de chargement au Moyen-Orient disposent de réservoirs de 240 000 m³, et il n'est pas rare de trouver en Europe des réservoirs de 100 000 à 150 000 m³ sur les terminaux de réception.

Les réservoirs de stockage sont essentiels à l'exploitation des champs pétroliers, permettant de maintenir la production malgré les interruptions accidentelles ou nécessaires lors du pompage du pétrole. Le transport et le stockage représentent des secteurs stratégiques dans l'industrie pétrolière. Les réservoirs de grande capacité, étant fragiles, peuvent être sujets à des destructions causées par le feu, les explosions ou la corrosion. En raison de leur coût élevé, le choix de leur capacité et de leur nombre doit être précédé d'une étude technico-économique en fonction des débits transportés et des capacités des moyens de transport.

Le stockage de brut consiste à :

•Laisser le brut se reposer pour une dernière décantation qui éliminera l'eau ;

•Contrôler la quantité de brut expédiée ;

•Maintenir une quantité suffisante pour charger des bateaux en cas de problème de transport ou de production ;

•Assurer une production continue pour un stockage permanent.

La raffinerie d'Alger est dotée d'un ancien et nouveau parc de stockage des produits liquides et gazeux (réservoirs et sphères) :

I.12.1.Stockage des produits finis et intermédiaire :

IDENTIFICATION DU BAC	*PRODUITS*	*CAPACITE (m3)*
A301 A302 A303	**PETROLE BRUT**	**35 000**
A201 A202	**GASOIL**	**20 000**
B7	**GASOIL**	**5 000**
A102 A103 A104	**SOLVANT**	**10 000**

B4 B10	ESSENCE SR	5 000
C3	ESSENCE SR	2 500
A105 A107 A101	CARBURANT super-normal	10 000
A106	CARBURANT super-normal	12 000
B2	CARBURANT super-normal	5 000
C1	CARBURANT super-normal	3 000
C6 C7	KEROZANE	2 500
B6 B1	KEROZANE	3 000
B3 B9 B8	FUEL	5 000
D1 D2 D3	SLOPS	1 000
C4 C5	SLOPS	2 500
A305	NAPHTA	35 000
C2 C8	PLAT FORMAT	2 500
S3 S4	PROPANE	1 000
S1 S2	BUTANE	1 500
S5	BUTANE	3 000
H3	BUTANE	140
H4	PROPANE	110

Tableau I.2 : Les bacs de stockage Liquides (Ancien parc)

IDENTIFICATION DU BAC	PRODUITS	CAPACITE (m^3)
901-TK-401	PETROLE BRUT	40 000
901-TK-011	IFO (fioul)	5 000
901-TK-012	IFO (fioul)	5 000
901-TK-013	Naphta lourd	1 250
901-TK-014	Naphta lourd	1 250

901-TK-015	Naphta léger	1 250
901-TK-016	Naphta léger	1 250
901-TK-108	H T Naphta	10 000
901-TK-109	H T Naphta	10 000
901-TK-110	ESSENCE Super	10 000
901-TK-111	ESSENCE Super	10 000
901-TK-112	ESSENCE Super	10 000
901-TK-203	Gasoil	20 000
901-TK-204	Gasoil	20 000
901-TK-205	Alimentation RFCC	25 000
901-TK-206	Alimentation RFCC	25 000
901-TK-207	MTB	20 000
901-TK-208	MTB	20 000
901-TK-309	Isomérat	2 500
901-TK-310	Isomérat	2 500
911-S-006	Butane	2 500
911-S-007	Butane	2 500
911-S-008	Propane	1 288
911-S-009	Propane	1 288

Tableau I.3 : Les bacs de stockages Liquides (Nouveau parc)

I.12.2. Stockage des Gaz (Sphère) :

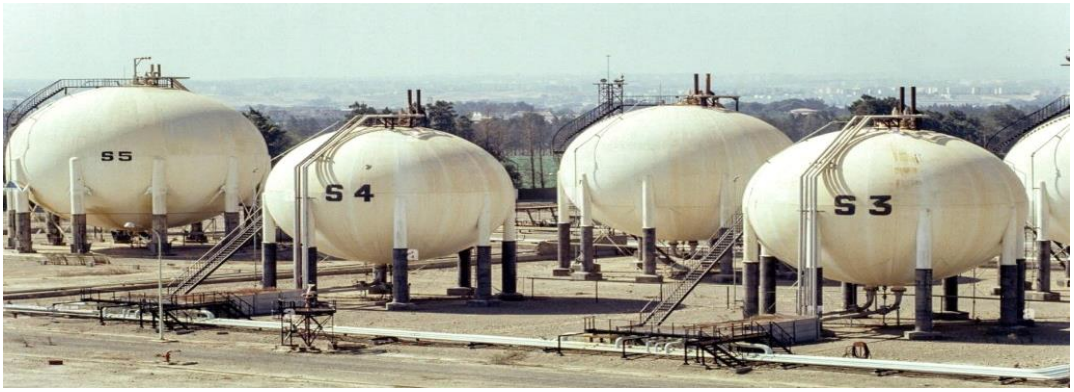


Figure I.11 : Sphère de stockage Gaz

Les gaz liquéfiés sont stockés dans des sphères représentant une capacité de 5500 m^3 pour le butane et 2000 m3 pour le propane.

IDENTIFICATION DE LA SPHERE	*PRODUITS*	*CAPACITE (m3)*
S1	**BUTANE**	**1509**
S2	**BUTANE**	**1509**
S3	**PROPANE**	**996**
S4	**PROBANE**	**996**
S5	**BUTANE**	**2900**
H3	**BUTANE**	**173**
H4	**PROPANE**	**134**
S6	**BUTANE**	**2500**
S7	**BUTANE**	**2500**
S8	**PROPANE**	**1000**
S9	**PROPANE**	**1000**

Tableau I.4: Stockage des Gaz (BUTANE ET PROPANE)

I.13.Conclusion :

Le service HSE de la raffinerie d'Alger s'appuie sur un cadre réglementaire et normatif rigoureux pour garantir la sécurité des installations de stockage de produits pétroliers. En se conformant aux normes nationales et internationales les plus strictes, la raffinerie démontre son engagement envers l'excellence opérationnelle et la responsabilité environnementale.

Cette approche globale en matière de HSE, alliant organisation interne robuste et respect des exigences réglementaires, permet à la raffinerie d'assurer la sûreté de ses activités tout en préservant la santé de ses collaborateurs et en minimisant

Son empreinte environnementale.

CHAPITRE 02 :

Traitement et stockage du GPL : risques associés

II.1.Introduction:

Ce chapitre examine en profondeur les caractéristiques, l'origine et les applications des gaz de pétrole liquéfiés (GPL), en mettant l'accent sur le circuit du butane au sein de la raffinerie d'Alger. Il offre une analyse détaillée des propriétés physico-chimiques du butane et du propane, tout en soulignant les risques liés à leur manipulation et à leur stockage.

II.2. Historique:

L'utilisation des GPL (propane et butane) se développe tout d'abord dans les années tarentes aux Etats-Unis, en 1938, on comptait moins d'une centaine d'explosions d'importance et de type très divers, utilisant la technique de distribution du propane et d'air carburé par canalisation, le butane à été utilisé dés 1932 en France, principalement sous forme de bouteille de 13Kg, Aux USA, les ventes de propane ont continué de se développer (Passées de 560000 tonnes en 1942, à 2,5 millions en 1974).

II.3. Le process de raffinage :

II.3.1.Généralités sur le raffinage :

Le raffinage du pétrole débute par la distillation, ou fractionnement, du pétrole brut en vue de le séparer en différents fraction d'hydrocarbures. Les produits obtenus dépendent directement des caractéristiques du brut traité.

On transforme ensuite la plupart de ces produits de distillation en produits plus facilement utilisables, en modifiant leurs structures physique et moléculaire par craquage, reformage et par d'autres procédés de conversion, puis on soumet les produits obtenus à divers procédés de traitement et de séparation tels que l'extraction, l'hydrocraquage et l'adoucissement pour aboutir aux produits finis. Dans les raffineries les plus simples, on s'en tient habituellement à la distillation atmosphérique et à la distillation sous vide, alors que, dans les raffineries intégrées, on procède au fractionnement, à la conversion, au traitement et au mélange, ainsi qu'à la production de lubrifiants, de fuels lourds et de bitumes ; ces raffineries peuvent aussi comporter des installations de traitement pétrochimique.

II.3.2.Les différentes étapes de traitement du pétrole brut :

Le raffinage du pétrole désigne l'ensemble des traitements et transformations visant à tirer du pétrole le maximum de produits à haute valeur commerciale. Ces étapes sont :

a- La distillation :

La distillation est une étape préliminaire au raffinage des produits pétroliers. Elle permet de fractionner le pétrole brut afin d'obtenir différentes coupes pétrolières en fonction de la température d'ébullition. La figure 01 représente un schéma simplifié de la distillation du pétrole brut. Les points de coupes qui apparaissent sur ce schéma sont les standards utilisés à IFPEN.

Chacune découpes pétrolières correspond à un intervalle de volatilité, que l'on peut caractériser par une gamme de températures d'ébullition, ou par le nombre d'atomes de carbone des hydrocarbures. La distillation atmosphérique permet de séparer les coupes gaz (<50°C), la coupe essence (50 – 150°C), la coupe kérosène (150 –250°C) et la coupe gazole (250 – 370°C).

La partie du produit qui n'a pas été distillée lors de cette opération est appelée le résidu atmosphérique (RAT). Elle est composée de molécules dont le point d'ébullition est supérieur à 370°C.

Les Distillats Sous Vide (DSV) correspondent aux fractions les plus légères de cette coupe résiduelle séparée par distillation sous vide.

Ils sont constitués de composés qui ont entre 20 et 50 atomes de carbone et une température d'ébullition comprise entre370 et 550°C environ.

Les coupes DSV se distinguent des fractions résiduelles non distillables (Résidu sous vide) notamment par le fait qu'elles contiennent peu d'asphaltènes et de métaux. De cefait, ces coupes se prêtent plus facilement aux opérations de conversion catalytique.

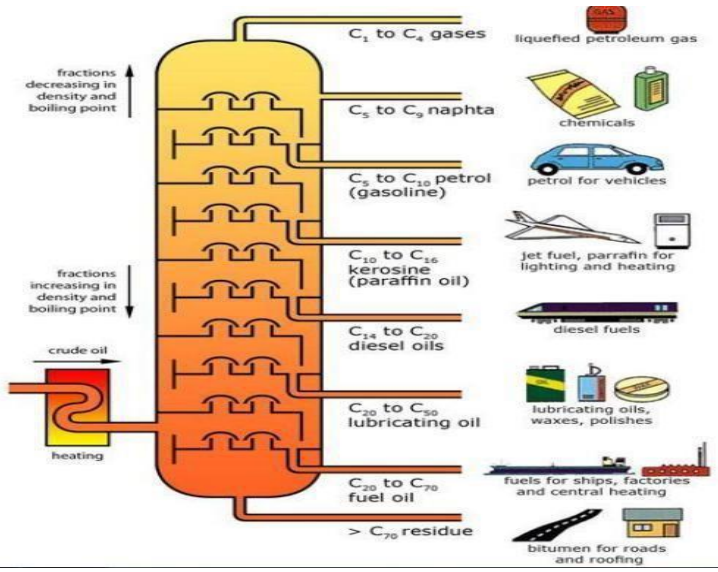


Figure II.1 : Distillation du pétrole brut

b- La conversion :

Les produits dérivés du pétrole doivent encore être améliorés pour répondre à la demande du marché. Les unités de conversion modifient la structure chimique des molécules d'hydrocarbures, améliorant ainsi leurs caractéristiques et propriétés.

c- La purification :

Après leur séparation, les produits doivent être purifiés. La purification est nécessaire pour éviter l'empoisonnement des catalyseurs et / ou pour éliminer les substances nocives pour l'environnement à la source. Par exemple, l'excès de soufre doit être éliminé de l'essence et du diesel.

d- Le blending :

La dernière étape du raffinage consiste à mélanger les divers composants obtenus par distillation, conversion et purification en un produit fini prêt à être commercialisé (par exemple, le kérosène, le diesel, l'essence, le mazout, le bitume, etc.).

Procès de l'unité gaz plant :

Le revamping de cette unité doit assurer le traitement de 0,15 MMTPA de GPL
cette unité permet d'obtenir le propane et le butane commerciaux, son alimentation est un mélange de gaz liquéfiés provenant des ballons de recette des débutaniseurs de l'unité de distillation atmosphérique et de l'unité de reforming catalytique CCR. Elle est constituée par des produits légers tels que l'hydrogène, le méthane, l'éthane, le propane et le butane et une très légère quantité de pentane.

En amont du ballon accumulateur D301 qui recueillent les gaz provenant des unités, les GPL issus de l'unité 100 passeront dans le coalesceur M351 puis subiront un séchage à l'aide des tamis moléculaires situés dans les sécheurs 300-M-352 avant de rejoindre le ballon D301.

du réservoir de stockage D301 la pompe P-352-A/B refoule l'alimentation du déethaniseur C301 vers l'une des 3entrées de cette colonne qui se situent au niveau des plateaux 11,13 ou de la section conique. La séparation effectuée consiste à enlever à la charge
Des composés dits incondensables c'est-à-dire H2, CH4 et principalement C2H6 pour ne laisser au fond de latour qu'un mélange de propane et de butane dont la séparation ira S'effectuer dans la colonne C302.

L'apport de chaleur nécessaire à l'opération de déethanisation est assurée par le rebouilleurE302 (type KETTLE), chauffé par le solvant lourd refoulé par la pompe P106, alors que l'équilibre thermique de la colonne est obtenu en envoyant vers cette tour un

reflux froid au moyen de la pompe de reflux P302.

Le produit de tête de la colonne se condense partiellement dans le condenseur E301A/B avant d'être recueilli dans le ballon D302. la partie liquide est renvoyée comme reflux froid, alors que la partie vapeur se dirige vers le réseau de gaz de chauffe des unités.

Du fond de la colonne C301 sort le mélange C3-C4 déethanisé pour aller vers le splitter C302 de C3-C4 où s'effectuera la séparation propane -butane.

La colonne C302 contient 30 plateaux avec deux entrées d'alimentation possibles au niveau des plateaux 17 et 13.

Le propane quitte la colonne à l'état vapeur, se condense totalement dans le condenseur E303, et est recueilli dans le ballon de recette D303.

Le propane liquide aspiré par la pompe P-305A/B passera dans leréfrigérant E351 puis dans les ballons sécheurs M353, avant d'être envoyé vers la zone de stockage des GPL.

Le butane soutiré du rebouilleur E304, refroidi dans l'aéroréfrigérant E305 Ar et E305, est Envoyé vers la zone de Stockage

II.4.Gaz de pétrole liquéfié (GPL) :

II.4.1.Définition des gaz de pétrole liquéfié (GPL) :

Les gaz de pétroles liquidées appelés GPL sont définis comme des hydrocarbures saturés (composés dans les quels les atomes de carbone sont liés les uns aux autres par liaison simple et les liaisons restantes sont saturés par les d'hydrogène) de la famille des alcanes de formule générale : $C_nH_{2n+2.}$

II.4.2.Origine du (GPL) :

La production des GPL n'est jamais recherchée, elle dépend des opérations de traitement du pétrole brut au cours des opérations de raffinage elle est inéluctable,soit du gaz naturel et des gaz associés dans les gisements de pétrole, à titre indicatif, le raffinage de 100t de pétrole brut fournit environ 4t de gaz de pétrole liquéfie.

1. Caractéristique et utilisation des GPL :

Deux principales différences entre le butane et le propane à température ambiante sont:

_ Le point d'ébullition, qui est plus bas pour le propane, lui permettant de s'évaporer plus facilement à basse température.

_ La pression de vapeur, plus élevée pour le propane, ce qui le rend plus adapté aux

applications nécessitant une pression plus importante.

_ Les gaz de pétrole liquéfiés (GPL) sont à l'état gazeux à température ambiante et à pression atmosphérique. Lorsqu'ils sont stockés dans des réservoirs, la température intérieure influence directement la pression du gaz. Ainsi, un espace vide appelé "ciel gazeux" est nécessaire pour éviter tout risque de surpression et de rupture du réservoir.

_ À l'état liquide comme gazeux, les GPL sont extrêmement fluides, bien plus que l'eau ou l'air. Ils n'ont aucun effet corrosif sur les métaux des réservoirs, mais peuvent dissoudre certaines substances comme les graisses et les huiles. Ils provoquent également un gonflement significatif du caoutchouc naturel, raison pour laquelle les flexibles et les joints doivent être fabriqués en caoutchouc synthétique de qualité adaptée.

_ Les GPL ont un coefficient de dilatation élevé à l'état liquide, un facteur essentiel à prendre en compte pour leur stockage. Naturellement inodores et non toxiques, ils sont volontairement odorisés avec des mercaptans pour détecter toute fuite.

En cas de fuite dans un environnement calme, le gaz se diffuse lentement et a tendance à s'accumuler près du sol ou dans les zones basses, car 1 litre de GPL liquide se transforme en environ 250 litres de gaz.

Le butane et le propane ont de nombreuses applications, notamment :

_ Usage domestique : cuisine, chauffage

_ Industrie pétrochimique : production d'oléfines

_ Industrie : climatisation et refroidissement à grande échelle

_ Production de carburants

_ Production d'énergie : combustible pour les centrales électriques.

2. Les différents types de sites de GPL :

On distingue trois catégories d'installations industrielles destinées au stockage du GPL

_ Les installations non classées, dont la capacité de stockage ne dépasse pas 6 tonnes de GPL.

_ Les installations soumises à déclaration, stockant une quantité de GPL comprise entre 6 et 50 tonnes.

_ Les installations soumises à autorisation, lorsque la quantité de GPL stockée dépasse 50 tonnes.

3. Le circuit du GPL au niveau de RA1G :

Le site GPL est composé de trois sections :

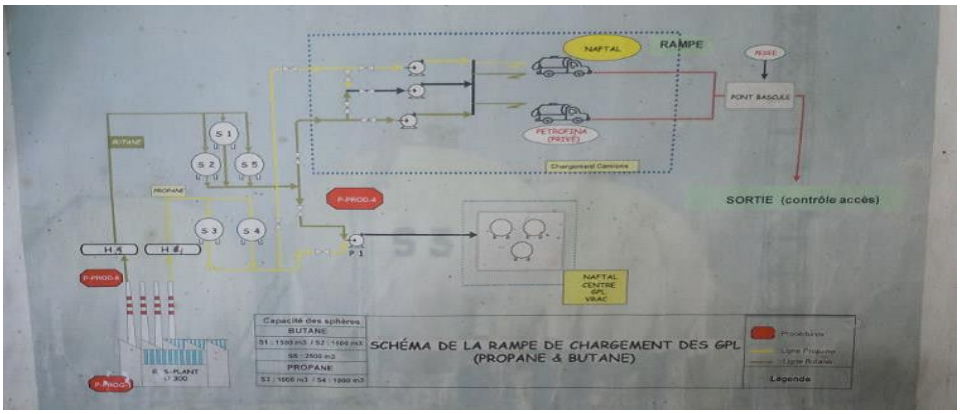
1. Section compression des GPL au niveau de l'unité 300,
2. Section stockage des GPL,
3. Section expédition des GPL.

Comme le montre la figure suivante :



Figure II.2: Vue de haut de la RA1G, zone de stockage GPL.

Le schéma suivant présente le circuit des GPL depuis l'unité 300 jusqu'à l'expédition vers Naftal :



FigureII.3 : Circuit des GPL.

4. Description du fonctionnement du site de stockage et de transfert des GPL :

Le site de stockage et de transfert de GPL est composé des installations suivantes :

1. Cinq (05) sphères d'une capacité totale de stockage de l'ordre de 7 910 m3,
2. Deux (02) cylindres d'une capacité totale de 307 m3,
3. Deux (02) pompes verticales et horizontales,
4. Tuyauterie,
5. Un (01) ballon et un (01) compresseur.

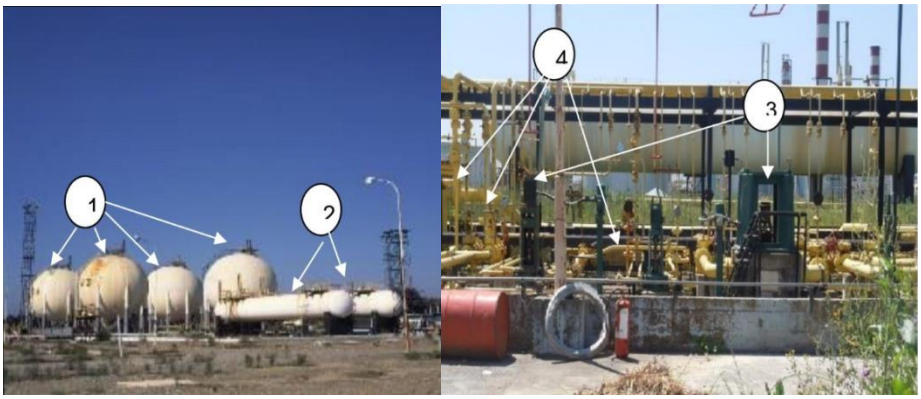


Figure II.4: Zone de stockage des GPL.

II.5. Section de stockage et de transfert du GPL :

a. Fonctionnement normal :

Lors du fonctionnement normal, le GPL sortant de l'unité 300 circule à travers le pipeline après avoir été pompé vers la zone de stockage. Une autre source de GPL est le GPL provenant du port pétrolier circulant à travers un pipeline vers les sphères de stockage passant par les cigares. Le GPL va être introduit dans la sphère à travers la ligne d'aspiration. Les vannes de remplissage des sphères de stockage du GPL sont toujours laissées ouvertes.

La compression est une fonction nécessaire, elle a pour fonction de maintenir la pression et la température des sphères des GPL dans une gamme déterminée, le niveau est aussi un paramètre très important dans le fonctionnement normal de la section dont sa limite est de 12 à 13 m de hauteur pour la sphère.

b. Remplissage et vidange :

Après la remise en état du pipeline ou de la pompe, le GPL contenu dans les sphères de stockage circule vers la conduite d'aspiration de la pompe sous l'action d'un régulateur de débit, après avoir été pressurisé par la pompe surcompression à GPL.

En règle générale, on ne doit pas pomper du GPL de deux sphères de stockage simultanément au cours d'une opération de vidange. De plus, il est interdit d'effectuer simultanément le remplissage et la vidange de la même sphère.

c. Transfert du GPL entre les sphères de stockage :

Lorsqu'on veut effectuer des travaux sur une sphère de stockage contenant du GPL, on fait le transfert du GPL à une autre sphère au moyen des pompes. Ce transfert peut être effectué parallèlement à d'autres opérations.

II.5.Description de la sphère de stockage des GPL :

a. Caractéristiques et Conception de la sphère (S5)

Fiche technique de la sphère (S5) :

· Type d'appareil : sphère S5.

· Lieu de construction : ENGLAND.

· Année de fabrication : 1971.

· Numéro de fabrication : 657.

· Date de la dernière épreuve : 11/01/2005.

· Désignation du contenu : BUTANE.

· Diamètre intérieur : D = 17 900 mm.

· Calotte inferieure : 28 mm.

· Calotte supérieure : 24 mm.

· Capacité totale : 3 003 m3.

· Capacité de service : 2 900 m3.

· Nature du métal : Acier BH36.

· Pression d'épreuve : 10.2 bars.

· Timbre : 6.8 bars.

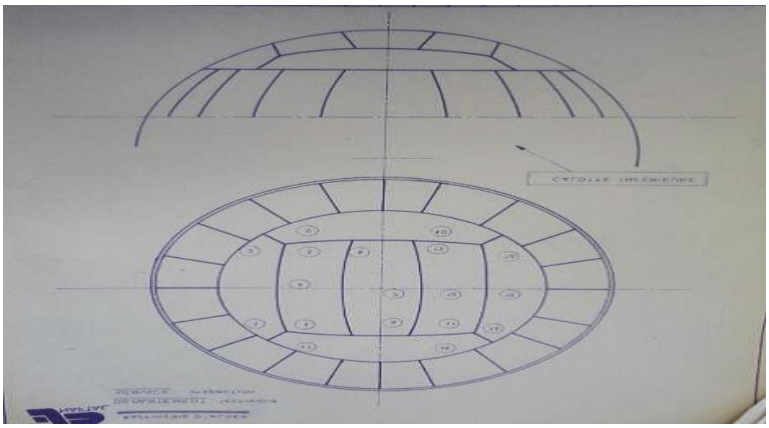


Figure II.5: Schéma présentant les sections de la sphère.

II.6. Equipements de la sphère de stockage GPL :



Figure II.6: Equipements de la sphère (partie inferieure).

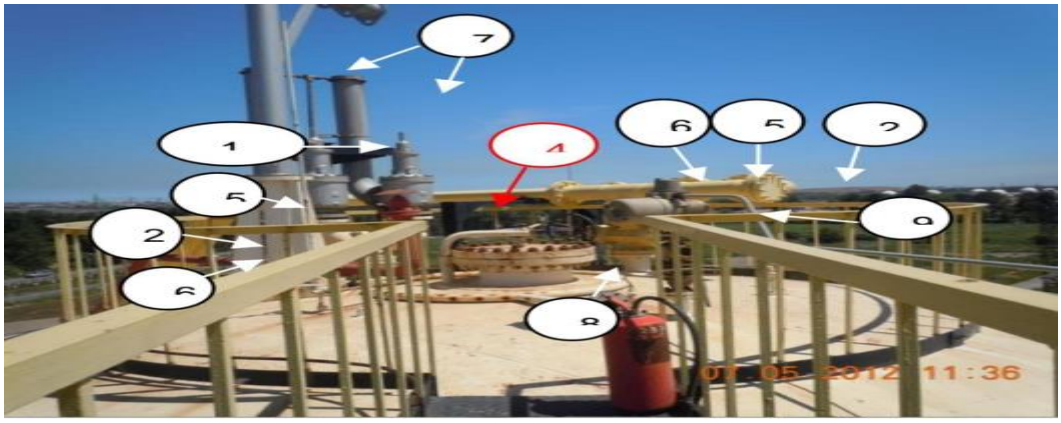


Figure II.7: Equipements de la sphère (partie supérieure)

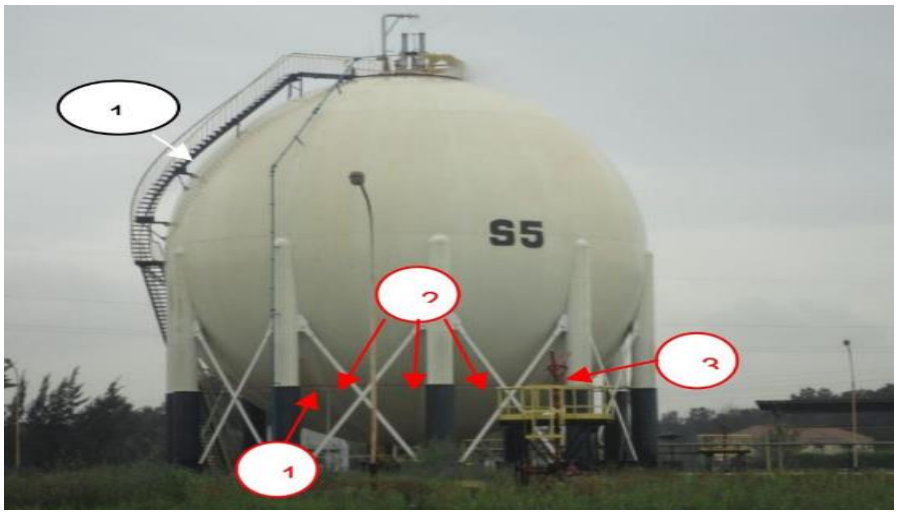


Figure II.8: Equipement de la sphère (vuede face)

1. Ligne d'aspiration 10,
2. Ligne de refoulement gaz 4,
3. Rampe de vapeur d'eau,
4. Ligne de prise d'échantillon,
5. Ligne Retour soupape 6,
6. Ligne de retour butane 6,
7. Soupape jumelée PVS vers atmosphère,
8. Deux (02) trous d'homme : un trou en bas et l'autre en haut,
9. Télé jaugeur avec indicateur local en haut de la sphère,
10. Une passerelle d'accès au sommet de la sphère,
11. Vannes de sectionnement pneumatique,
12. Event,
13. Indicateurs de pression et de température en bas de la sphère,
14. Une mise à la terre.

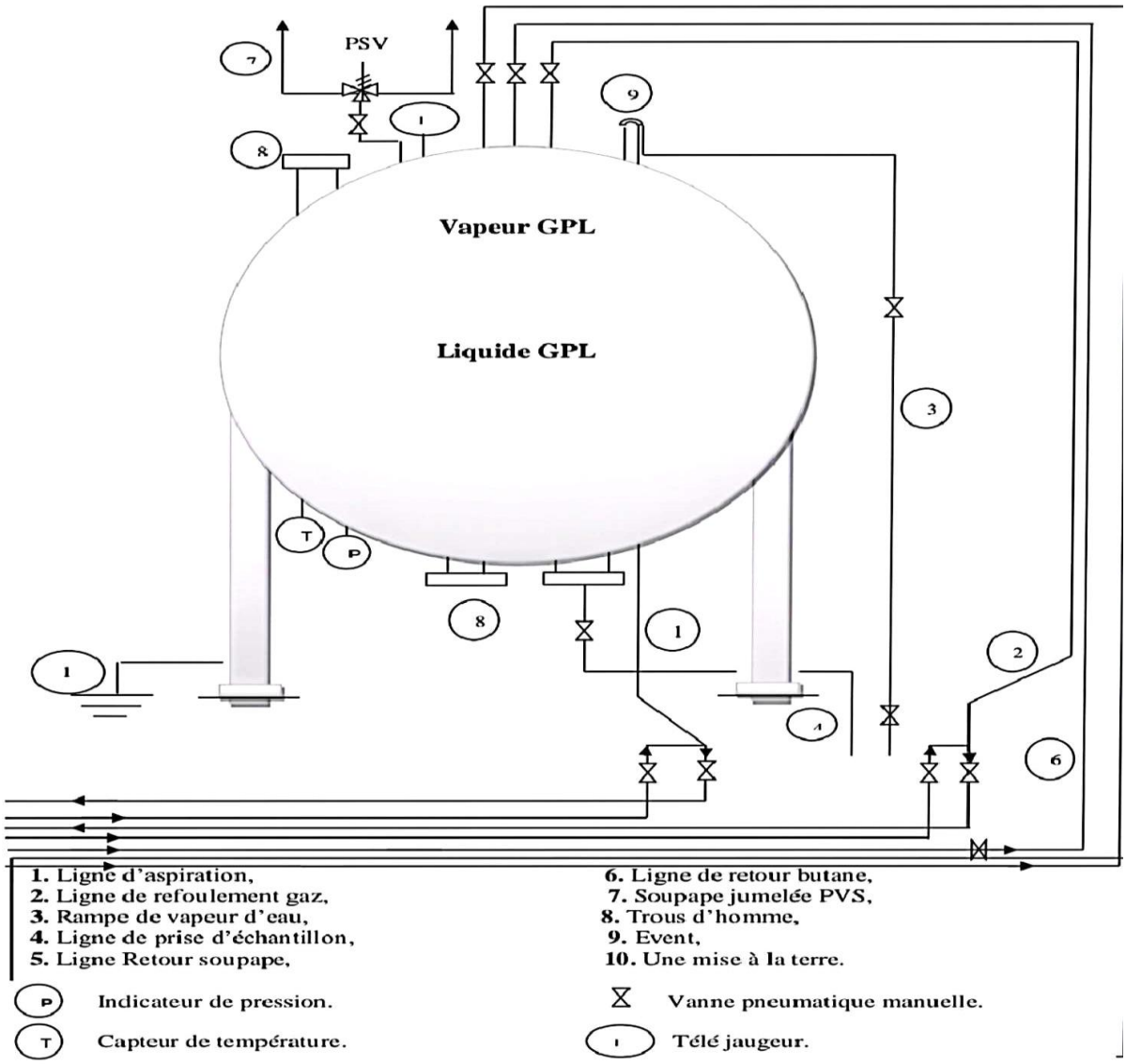


Figure II.9: Schéma descriptif des équipements de la sphère.

La sphère est raccordée aux canalisations de remplissage et de vidange suivantes :

_ **Ligne d'aspiration:** une ligne de 10" pour le déchargement du butane, destiné à l'expédition ; comme elle possède un piquage de 6" pour le Coulage du butane à partir du cigare H3.

_ **Ligne de refoulement gaz:** possède un piquage de 3" sert à remplir la sphère de l'extérieur, et une ligne de vidange de 4".

_ **Ligne de retour butane:** c'est une ligne de refoulement du butane provenant de l'extérieur.

_ **Ligne de retour soupape:** en cas de surpression au niveau des lignes, le gaz est évacué vers la sphère, donc craché par la soupape vers l'atmosphère (dans le cas de surpression).

II.7. Principe de sécurité appliqué à la sphère de stockage des GPL :

a. Eléments et dispositifs de Sécurité :

· **Soupape jumelée PSV vers atmosphère :** Installée sur la partie haute de la sphère, cette soupape s'ouvre pour chasser les gaz vers l'atmosphère lorsque la pression à l'intérieur de la sphère augmente jusqu'à 6,8 Kg/Cm ou encore dans le cas de surpression au niveau des lignes.

· **Système de refroidissement:**

1. Couronne de refroidissement sur la partie inférieure de la sphère,

2. Buses d'arrosage : des pulvérisateurs répartis sur la couronne d'arrosage permettent d'assurer un arrosage homogène sur la paroi basse de la sphère, assure un refroidissement par quadrillage,

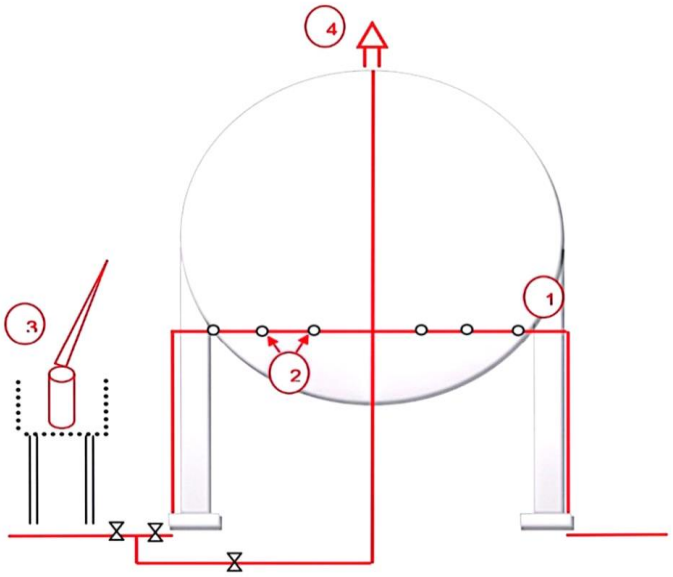
3. Deux (02) lances monitors,

4. Système de déluge sur la partie supérieure de la sphère permet le refroidissement de sa partie supérieure.

Les éléments liés au système de sécurité de la sphère sont présentés dans les figures suivantes :

Il existe autres éléments de sécurité qui garantissent la protection du système tels que :

- Les prises d'eau.
- Trois (03) vannes motorisées liées à un circuit maillé (non exploitées jusqu'à maintenant),
- Les extincteurs à poudre/CO2,
- Lances monitor mobile,
- Camion de sécurité émulsif, émulsif/eau, à poudre.
- Camion de sécurité émulsif, émulsif/eau, à poudre.



1) Couronne de refroidissement sur la partie inférieure de la sphère,

2) Buses d'arrosage : des pulvérisateurs répartis sur la couronne d'arrosage,
3) Deux (02) lances monitors,

4) Système de déluge. Vanne pneumatique manuelle.

Figure II.10: Dispositif de refroidissement de la sphère des GPL**.**

· **Des dispositions garantissent la sécurité des sphères:**

- Contrôle journaliers des équipements

- Maintenance décennale des sphères GPL

- Contrôle des paramètres de fonctionnement

b. Alarmes et mise en sécurité de la zone de stockage GPL :

· Un réseau d'alarme permet à toute personne apercevant une situation anormale de déclencher l'alarme pour actionner le système de refroidissement des sphères.

_ 03 coups de sirène de 30 Secondes espacés de 3 secs : alarme incident.

_ 06 coups de sirène de 30 secondes espacés de 3 sec alertes : accident de grande ampleur, le directeur enclenche le PII.

_ 1 coup de sirène de continu de 60 secondes : fin d'alerte situation maitrisée.

· Les 16 détecteurs de gaz, installés dans la zone de stockage des GPL dont 4 autours de la sphère sont capables de détecter très tôt une fuite des GPL. Ces détecteurs permet de détecter et d'agir au même temps (l'action d'agir n'est pas mise en œuvre à cause de l'inadéquation du système de fonctionnement des détecteurs et du système), ils sont reliés à la salle de contrôle et au système de surveillance de la centrale de sécurité.

Les indications des détecteurs de gaz sont comme suit (3) :

- 18 % LIE : première alarme
- 25 % LIE : deuxième alarme
- 30% LIE : troisième alarme



Figure II.11: Détecteur de gaz.

II.8. Les risques liés aux opérations de traitement et de transport de GPL:

II.8.1. Différents risques majeurs :

II.8.1.1. Risques d'incendie :

Le terme incendie a été emprunté par la langue français au XVI siècle au latin ((incendium)) [embrasement], dérivé de ((in cendre)) [allumer]. Il désigne un feu violent, un embrasement qui se propage à un édifice, une maison, une forêt, etc. l'incendie est une réaction de combustion non maitrisée dans le temps et l'espace. Description physico-chimique dufeu Pour qu'un incendie se déclare, il faut réunir trois éléments. Ces trois éléments constituent le triangle du feu. (Voir la Figure II.12)



Figure II.12: Présent triangle de feu.

II.8.1.1.1.Comburant :

Un comburant est le corps qui provoque et entretient la combustion du combustible le plus souvent, le comburant est constitué par l'oxygène présent dans l'air ambiant la réaction de combustion est alors une oxydation ; mais il existe de multiples autres comburants (halogènes, soufre, phosphore) ; si l'oxygène est le comburant, sa concentration diminue très rapidement dans l'atmosphère (par phénomène de consommation oxydative), et expose les victimes au risque asphyxique. Dans la pratique, l'oxygène peut se trouver soit à l'état pur, soit en mélange avec d'autres gaz, soit lors de la décomposition de certains produits chimiques.

Dans la plupart des cas, le comburant est l'oxygène de l'air ambiant (environ 21

%d'oxygène, 79 %d'azote), Pour que l'air soit un comburant efficace, il faut qu'il contienne plus de 15 %d'oxygène.

II.8.1.1.2.Combustible :

Toute substance susceptible de brûler, c'est-à-dire pouvant être partiellement ou totalement détruite par le feu, est considérée comme combustible. Les solides et les liquides ne brûlent pas en tant que tels. Ce sont les gaz et les vapeurs qu'ils émettent qui brûlent.

II.8.1.1.3. L'énergie d'activation :

Pour déclencher le phénomène de combustion, un apport d'énergie, dite énergie d'activation, est nécessaire, Il peut s'agir d'une flamme, d'une étincelle, d'un frottement, d'une source de chaleur. C'est la quantité de chaleur dégagée par cet apport d'énergie qui est à l'origine de la combustion, La source de chaleur apporte l'énergie d'activation nécessaire au démarrage de la réaction chimique de combustion, au cours d'un incendie, la chaleur produite par le feu lui-même est responsable de l'auto entretien de cette réaction.

II.8.1.1.4.Combustion :

Réaction exothermique d'une substance avec un comburant. La combustion émet généralement des effluents accompagnés de flammes et/ou d'incandescence.

II.8.1.1.5. Les effets de l'incendie :

Elles sont à l' origine de nombreux décès dans les incendies, généralement asphyxies par les fumées ou intoxication par les fumées.

- **La fumée** : la fumée comporte des aérosols de petites particules solides, liquides, sont très importantes. Cette micro particule est toxique, irritante, agressive… la fumée gène l'évacuation des occupants et l'intervention des secours.
- **Les gaz de combustion** : émanation en fonction de la nature et de la qualité de la combustion. Ces gaz sont chauds et très toxiques et qui sont à l'origine de la diminution de l'oxygène
- **Les chaleurs - les flammes** : l'augmentation thermique entraine la déformation et la destruction des matériaux avec parfois effondrement des structures.
- **Les brulures** : pouvant entrainer la mort, elles peuvent être externes ou internes par inhalation de gaz chauds.

II.8.1.2.La pollution :

La pollution est l'introduction de polluants (des substances chimiques ou énergie sous forme de bruit, de chaleur, ou de lumière) dans un environnement à un point que ses effets deviennent nuisibles à la santé humaine, à celle des autres organismes vivants, à l'environnement ou au climat actuel.

Il y a un très grand nombre de pollutions on cite :

- **La pollution de l'air** (ou la pollution atmosphérique) est un type de pollution caractérisé par une altération des caractères de niveaux qualité de et de pureté de l'air.

  Elle est due à la vaporisation légère des hydrocarbures laissés ou rejetés à l'air libre.

  Cette pollution présente deux dangers :

  - Un danger physiologique.
  - Un danger d'incendie ou d'explosion.
- **La pollution chronique** est une pollution avec des émissions répétées de polluant, ou parfois lorsque le polluant est très rémanent.

- **La pollution du sol** d'origine industrielle, suite à une industrie polluante ne prenant pas toutes les précautions nécessaires pour éviter les fuites, avec l'utilisation massive des produits qui s'infiltrent dans les sols.

- **La pollution de l'eau** elle peut apparaître de trois manières:

    - Évènement direct dans un cours d'eau.
    - Ruissellement des eaux en contact avec les hydrocarbures.
    - Infiltration directe des hydrocarbures ou d'une eau polluée.

Les deux premières causes touchent surtout les eaux de surface. L'infiltration vise plus les nappes phréatiques.

Généralement miscible, les hydrocarbures ont un effet nuisible sur la faune, la flore et rendent les eaux impropres à la consommation.

II.8.1.3. Risque d'explosion :

Une explosion est une réaction de combustion qui se déroule à une vitesse très élevée et s'accompagne d'une élévation notable de pression

La présence des mélanges explosifs dans l'atmosphère est un facteur déterminant dans le processus de l'explosion ceci étant lorsque la concentration dans l'air de substance mise en jeu se trouve comprise entre la limite inférieure et la limite supérieure d'explosivité (LIE et LES) comme le montre la Figure II .13

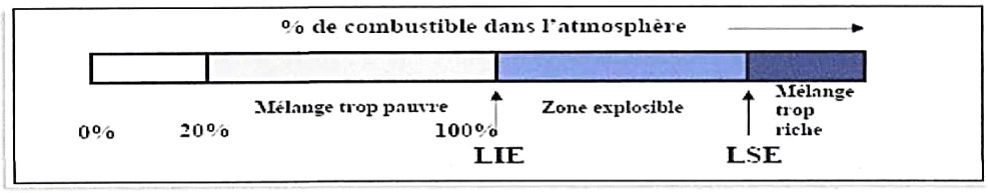


Figure II.13: Les limites d'explosions.

II.8.1.3.1. Propagation d'une explosion :

Suivant le domaine dans lequel l'explosion se propage, on distingue :

Les explosions en milieu non confiné (espace ouvert à l'air libre plus ou moins encombré) :

Les explosions en milieu confiné, partiellement (à l'intérieur de capacités, tuyaux, tunnels, bâtiments fermés) ou totalement.

La norme européenne EN 1127 définit une explosion chimique de gaz comme une « oxydation ou une décomposition brutale entraînant une augmentation de température, de pression, ou de ces deux paramètres simultanément ».

Une fois amorcée, l'explosion s'étend dans tout le milieu en se déplaçant suivant un front réactionnel sensiblement sphérique en l'absence d'obstacle. Suivant la vitesse de déplacement de la réaction, on peut définir

II.8.1.3.2. Les réactions d'oxydation :

vitesse du front de réaction de l'ordre de quelques centimètres ou mètres par seconde.

II.8.1.3.3. Les déflagrations :

vitesse du front de réaction inférieure à la vitesse du son, jusqu'à quelques centaines de mètres par seconde. La propagation de la réaction s'effectue par transfert thermique et diffusion de radicaux libres d'une tranche de gaz à la tranche voisine et s'accompagne d'une mise en mouvement du milieu frais, créant une variation de pression.

II.8.1.3.4. Les détonations :

vitesse du front de réaction supérieure à la vitesse du son dans les produits réagis, soit plusieurs centaines à plusieurs milliers de mètres par seconde. Le front de réaction est constitué d'une onde de choc immédiatement suivie par le front de réaction qui alimente l'onde en énergie.

Les effets d'une explosion peuvent être de trois types :

- Effets de surpression;
- Effets thermiques par libération de chaleur de réaction;
- Ou projection de fragments ou d'objets.

En général, en parlant d'explosion on inclut à la fois les causes et les conséquences de l'incident.

II.8.1.3.5. Indices d'explosivité :

La propension d'un mélange à exploser et les conséquences de l'explosion résultante dépendent fortement du type de combustible et de comburant présents ainsi que de leurs proportions. Ainsi, pour tout mélange de combustible et de comburant, il existe une certaine zone de concentration où la combustion peut s'effectuer: la zone d'inflammabilité ou d'explosivité.

Le domaine d'opération des procédés industriels d'oxydation (partielle) est limité par les propriétés explosives des composés utilisés, caractérisées par des indices d'explosivité.

Ces indices sont divisés en deux types :

- Caractérisant l'explosion en elle-même et la propension du mélange à exploser ;
- La sévérité de l'explosion quand elles 'amorce**.**

II.8.1.3.6. Hexagone d'explosion (les six conditions à remplir pour une explosion) :

Six conditions doivent être réunies pour simultanément pour qu'une explosion soit possible

(Voir **Figure II.14)**

- La présence d'un comburant (pratiquement toujours l'oxygène de l'air);
- La présence d'un combustible;
- La présence d'une source inflammation;
- Un combustible sous forme gazeuse, d'aérosol, ou poussières;
- L'obtention d'un domaine d'explosivité c'est-à-dire le domaine de concentration de combustible dans l'air à l'intérieure duquel les explosions sont possibles;
- Un confinement suffisant.

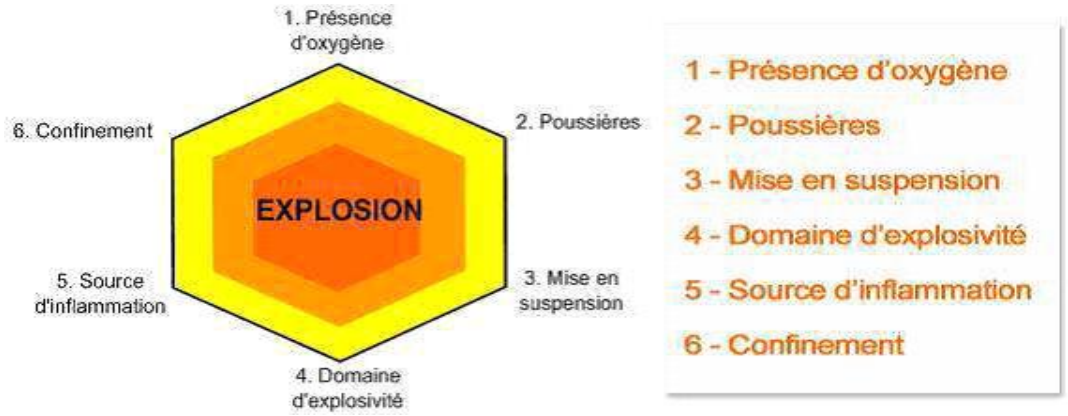


Figure II.14: Hexagone d'explosion.

II.8.2. Les différents phénomènes d'explosions liés au stockage des GPL:

II.8.2.1.BLEVE (boiling liquide expanding vapeur explosion):

1.1.Le phénomène de BLEVE :

Lorsque l'on comprime un gaz, à partir d'une certaine pression, il se transforme en liquide ; cette propriété permet de stocker de grandes quantités de gaz (à l'état liquide) dans des réservoirs. Le réservoir n'est jamais complètement rempli, il y a au-dessus du liquide un « ciel gazeux » qui maintient la pression dans le réservoir **(**voir **Figure II.15)**. Lorsque l'on tire du gaz du réservoir, le liquide bout (à température ambiante) et la vaporisation d'une partie du liquide vient compenser le gaz retiré ; c'est le fonctionnement normal.

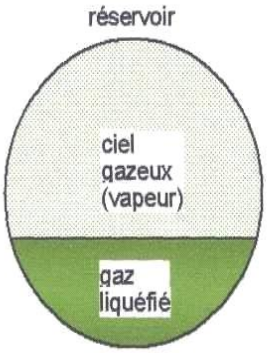


Figure II.15: réservoir sphérique de stockage.

1. 2- Définition BLEVE :

Son nom anglais est B.L.E.V.E. : boiling liquide expanding vapeur explosion, c'est-à-dire :

« Explosion de vapeur en expansion d'un liquide par ébullition »

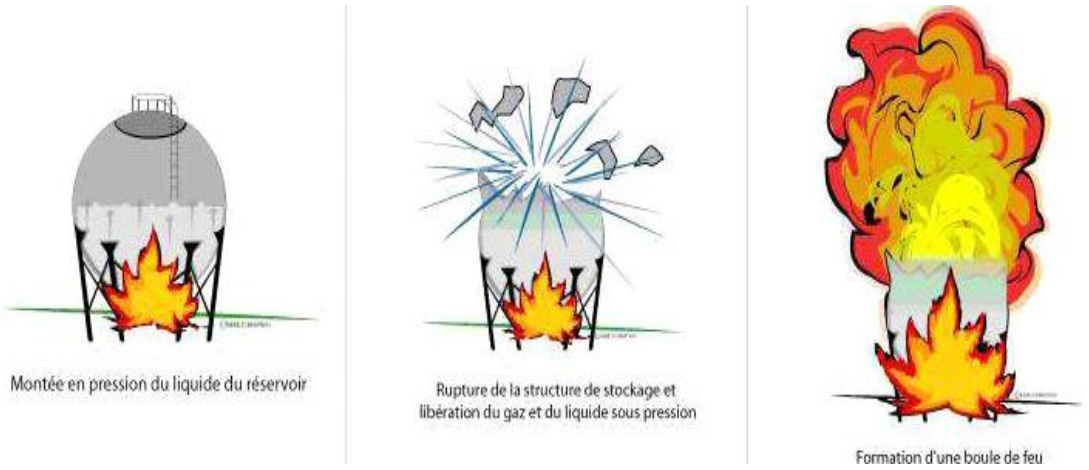


Figure II.16: Déroulement du BLEVE

Le BLEVE peut être défini comme la vaporisation violente à caractère explosif consécutive À la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement Supérieure à sa température d'ébullition à la pression atmosphérique.

Tous les stockages de gaz liquéfiés sous pression sont susceptibles d'être le siège d'un BLEVE.

En effet, le BLEVE est associé avant tout à un changement d'état à caractère Explosif, et non à une réaction de combustion. Aussi, il n'est pas nécessaire que le produit Concerné soit inflammable pour parler de BLEVE**.**

Un BLEVE est causé par la ruine complète d'un réservoir pressurisé contenant un liquide Dont la température est très supérieure à sa température d'ébullition à la pression Atmosphérique" par Shield et retenue telle quelle par l'INERIS**.**

1.3- Causes possibles d'un BLEVE :

La cause principale d'un BLEVE est la rupture du réservoir, Cette rupture se produit au niveau du ciel gazeux de la paroi du réservoir et peut être provoquée par :

_ Le dépassement de la limite de rupture du métal occasionné par le double effet de

_ L'élévation de la pression et de la fragilisation du métal par échauffement.

_ La perforation par un projectile.

_ La surpression par sur remplissage d'un réservoir.

_ La corrosion.

_ Une construction ou des équipements défectueux.

1.4- Conséquences du BLEVE :

_ Explosion et incendie graves, avec émission de flux thermique important**.**

_ Risque d'effet Dominos.

_ Projection de missiles (projectiles) mortels à plusieurs centaines de mètres.

_ Emanation de gaz toxiques, brûlures de 3ème degré, asphyxie dus à la combustion et gaz suffocants.

- Risque de perte de l'audition, principalement à cause de l'onde de choc importante et dévastatrice.

Lorsque la paroi du bac de stockage se rompt, il y a :

Une onde de surpression (de choc), due à la libération du gaz à la rupture du réservoir.

- Une Boule de feu : Si le gaz qui s'échappe est inflammable, il se mélange à l'air et peut s'enflammer instantanément sous l'effet de la chaleur ou d'une étincelle.
- Le gaz s'échappant, il y a une diminution de pression dans le réservoir qui permet au reste du liquide de bouillir et de venir alimenter la boule de feu; il y a donc une énorme chaleur Libérée.

II.8.2.2.Le phénomène UVCE : « Unconfined Vapor Cloud Explosion » :

2-1 Définition :

Q cas d'un gaz inflammable, tel que les GPL, cette explosion produit

- Des effets thermiques.
- De l'effet de pression.

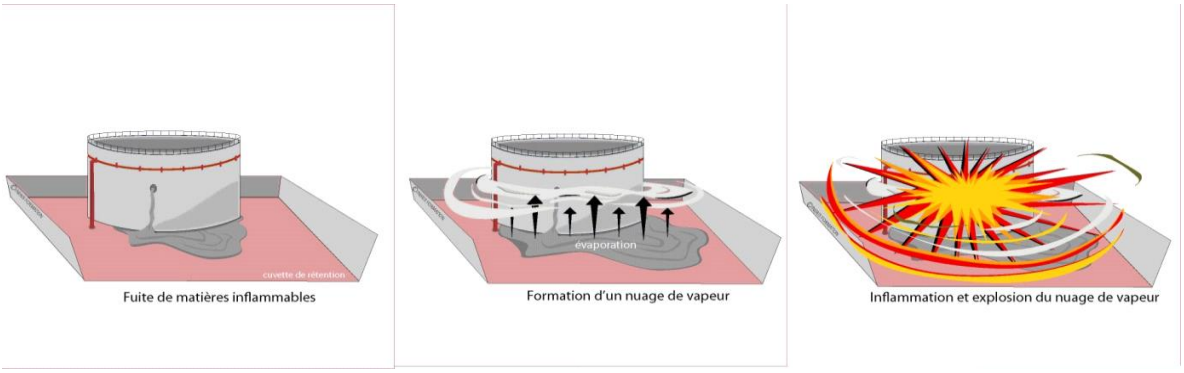


Figure II.17: Déroulement de l'UVCE.

2-2 Les causes d'un UVCE :

Pour obtenir un UVCE il faut deux conditions réalisées simultanément :

_ Un nuage de gaz inflammable,

_ Une source d'inflammation.

Tous les scénarisons de rupture de canalisation ou de fuite d'un GPL peuvent engendrer un UVCE. La fuite peut être liquide ou gazeuse, mais à conditions de fuite équivalentes (pression, Température, section de fuite), une fuite en phase liquide produit des nuages inflammables toujours beaucoup plus grands qu'une fuite en phase gazeuse, car le débit rejeté est beaucoup plus élevé (pour les GPL dans des conditions ambiantes un litre de phase liquide engendre de l'ordre de 250 litres de phase de gazeuse).

2-3 Les effets d'UVCE :

Des effets de pression plus ou moins importants suivant l'encombrement du lieu de l'accident et suivant l'intensité de l'énergie d'activation.

- une boule de feu qui consume ou endommage ce qui se trouve à l'intérieur.

Un rayonnement thermique sur le voisinage immédiat de la boule de feu**.**

II.8. Conclusion :

Selon ce chapitre nous constatons que les GPL sont des produits présentant plusieurs dangers pour les installations, pour l'homme et pour l'environnement.

Par conséquent, une méthodologie d'analyse de ces risques s'avère indispensable

Chapitre III :
Méthodes d’analyse des risques

III.1. Introduction

L'analyse du risque est définie comme « l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque ».

L'analyse des risques vise tout d'abord à identifier les sources de dangers et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, l'environnement ou les biens.

Dans un second temps, l'analyse des risques permet de mettre en lumière les barrières de sécurités existantes en vue de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences (barrières de protection).

III.1.1. Identification des sources de danger :

Il s'agit d'identifier tous les risques auxquels les travailleurs peuvent être exposés dans chaque unité de travail. Cette identification repose sur l'analyse des documents internes, des postes et des situations de travail, ainsi que sur l'écoute des travailleurs et de leurs représentants. Elle doit également prendre en compte les risques temporaires liés à certaines activités ponctuelles comme l'inventaire ou le nettoyage technique effectué par la maintenance lors de l'arrêt de l'activité. Les écarts possibles entre le travail prescrit et le travail réel doivent être considérés.

Ce travail consiste à examiner :

- La nature des dangers.
- Le nombre de personnes potentiellement exposées.
- Le lieu et la durée d'exposition.
- Les circonstances d'exposition

.Comment procéder ?

- S'appuyer sur l'observation des situations de travail.
- Demander aux employés de décrire les situations dangereuses telles qu'ils les perçoivent

Dans un second temps, l'analyse des risques permet de mettre en lumière les barrières de sécurités existantes en vue de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences (barrières de protection).

III.1.2.Evaluation du risque :

L'évaluation du risque désigne une procédure fondée sur l'analyse du risque pour décider si le risque tolérable est atteint.

En pratique, cette phase peut être accompagnée d'une quantification détaillée et précise (par opposition à l'estimation des risques qui reste très simplifiée) des grandeurs qui caractérisent le risque.

III.1.3. Estimation du risque :

Consécutivement à cette identification, il s'agit d'estimer les risques en vue de hiérarchiser les risques identifiés au cours de l'analyse et de pouvoir comparer ultérieurement ce niveau de risque à un niveau jugé acceptable.

Son estimation peut être effectuée de manière semi-quantitative à partir :

➢ D'un niveau de probabilité que le dommage survienne,

➢ D'un niveau de gravité de ce dommage.

Bien entendu, l'acceptation de ce risque est subordonnée à la définition préalable de critères d'acceptabilité du risque.

Ainsi, la finesse dans l'estimation du risque dépend en partie de ces critères.

III.1.4. Acceptation du risque :

La définition de critères d'acceptabilité du risque est une étape-clé dans le processus de gestion du risque dans la mesure où elle va motiver la nécessité de considérer de nouvelles mesures de réduction du risque et rétroactivement, influencer les façons de mener l'analyse et l'évaluation des risques.

Cette étape cruciale est bien souvent la plus délicate. Il est entendu que ces critères sont fonction du contexte de l'établissement concerné et des objectifs poursuivis dans la gestion des risques.

III.1.5. Réduction du risque :

La réduction du risque (ou maîtrise du risque) désigne l'ensemble des actions ou dispositions entreprises en vue de diminuer la probabilité ou la gravité des dommages associés à un risque particulier.

De telles mesures doivent être envisagées dès lors que le risque considéré est jugé Inacceptable.

De manière très générale, les mesures de maîtrise du risque se répartissent en :

➢ Mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la Probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux.

➢ mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux.

➢ mesures (ou barrières) de protection : mesure visant à limiter les conséquences sur

Les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité.

III.1.6.Définition du système et des objectifs atteindre:

III.1.6.1.Définition du système:

L'analyse des risques est un travail qui peut s'avérer complexe et mobiliser des ressources importantes. Dès lors, il est indispensable d'identifier clairement le système à étudier et de déterminer sans ambiguïtés les limites de l'Eude.

Il peut, par exemple, s'agir d'étudier les risques associés à une nouvelle installation devant être implantée, d'identifier les risques associés à la modification d'un procédé existant ou de passer en revue les risques à l'échelle d'un site industriel complet.

Cette définition permet notamment de limiter la description du système aux informations nécessaires et suffisantes au champ de l'étude.

III.1.6.2.Définition des objectifs atteindre :

La définition des objectifs de l'analyse des risques est une étape essentielle qui permet notamment de définir les critères d'acceptabilité des risques.

Il peut par exemple être nécessaire de mener une analyse des risques dans l'un des buts particuliers suivants :

• Analyser les risques d'accidents de manière générale et les évènements pouvant nuire à la bonne marche du procédé (pannes, incidents…),

• Analyser plus spécifiquement les risques aux postes de travail, réaliser une étude ATEX (Code du travail),

• Analyser les risques d'accidents majeurs (cas de l'étude des dangers).

Selon les objectifs pour suivis, la démarche et les outils utilisés pour rontêtre significativement différents.

III.1.7. Critères de choix :

_ L'application sur les systèmes thermo hydrauliques;

_ Recherche systématique des causes possibles de dérive de tous les paramètres de Fonctionnement d'une installation;

_ Etude des conséquences set risques éventuels liés à ces dérives;

_ Mise en évidence des principaux problèmes d'exploitation et d'entretien;

_ Proposition des mesures corrective s'appropriées.

Tableau III.1 : Critères de choix pour les principales méthodes d'analyse des risques

Méthodes	Approche	Défaillances envisagées	Niveau de détail	Domaines d'application privilégiés
APR	Inductive	Indépendantes	+	Installations les moins complexes Etape préliminaire d'analyse
HAZOP	Inductive	Indépendantes	++	Systèmes thermo-hydrauliques
What-if	Inductive	Indépendantes	++	Systèmes thermo- hydrauliques
AMDEC	Inductive	Indépendantes	++	Sous-ensembles techniques bien délimités
Arbre d'évènements	Inductive	Combinées	+++	Défaillances préalablement Identifiées
Arbre des défaillances	Déductive	Combinées	+++	Evènements redoutés ou indésirables préalablement identifiés
Nœud papillon	Inductive/ Déductive	Combinées	+++	Scénarios d'accidents jugés les plus critiques

III.1.8. Les méthodes d'analyse des risques :

Bien entendu, l'acceptation d'un tel risque suppose au préalable la définition de critères clairs permettant de déterminer ce qui est jugé acceptable. De nombreux outils spécialisés existent pour identifier les dangers et les risques associés à un processus ou à une installation.

Quelques-uns des outils les plus fréquemment utilisés sont :

_ L'analyse préliminaire des risques (APR) ;

_ L'analyse des modes des défaillances, de leur effet et de leur criticité (AMDEC) ;

_ L'analyse des risques sur schémas type (HAZOP)

_ L'analyse des événements (ADE)

_ L'analyse par arbre de défaillances (ADD)

_ Le nœud de papillon.

III.2. La méthode AMDEC :

III.2.1. Historique et domaine d'applications :

L'analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) a été employée pour la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique durant les années 1960. Son utilisation s'est depuis largement répandue à d'autres secteurs d'activités telles que l'industrie chimique, pétrolière ou le nucléaire. De fait, elle est essentiellement adaptée à l'étude des défaillances de matériaux et d'équipements et peut s'appliquer aussi bien à des systèmes de technologies différentes (systèmes électriques, mécaniques, hydrauliques...) qu'à des systèmes alliant plusieurs techniques

III.2.2. Définition :

« L'AMDEC est une méthode qualitative et inductive qui définit une règle ou une loi à partir de l'expérience : un raisonnement inductif visant à identifier les risques de pannes potentielles contenues dans un avant-projet de produit ou de système, quelles que soient les technologies, de façon à les supprimer ou à les maîtriser. » (Norme AFNOR X 60-510 de décembre 1986).

III.2.3. Définitions des différents types d'AMDEC:

Produit : Analyse de la Conception d'un produit pour améliorer sa QUALITE et sa FIABILITE.

Moyen de production (ou système) : Analyse de la Conception et /ou de l'exploitation des Équipements de Production pour améliorer leur DISPONIBILITE.

Processus : Analyse des opérations de Production pour améliorer la QUALITE de FABRICATION du produit.

Sécurité : Analyse des défaillances et des risques prévisionnels sur un équipement pour améliorer la SECURITE et la FIABILITE.

III.2.4. Objectif de l'AMDEC :

L'AMDEC a pour objectif, dans une démarche inductive rigoureuse, d'identifier les défaillances dont les conséquences peuvent affecter le fonctionnement d'un système et de les hiérarchiser selon leur niveau de criticité afin de les maitriser. On obtient en sortie l'ensemble des dysfonctionnements potentiels associés à leur criticité (fréquence d'apparition, gravite des effets et probabilité de détection de la défaillance) ainsi que les plans d'actions à mettre en œuvre afin de diminuer la criticité en faisant varier un des trois facteurs.

L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d'un moyen de production

Elle permet de déterminer les points faibles d'un système et d'y apporter des remèdes, de préciser les moyens de se prémunir contre certaines défaillances, de faire dialoguer les personnes concernées par un projet, mieux connaître le système, et principalement d'étudier les conséquences de défaillance

III.2.5. Principe de l'AMDEC :

Recenser les risques potentiels d'erreur (ou les modes de défaillance) et en évaluer les effets puis en analyser les causes.

L'AMDEC est d'identifier et de hiérarchiser les modes potentiels de défaillance susceptibles de se produire sur un équipement, d'en rechercher les effets sur les fonctions principales des équipements et d'en identifier les causes. Pour la détermination de la criticité des modes de défaillance, l'AMDEC requiert pour chaque mode de défaillance la recherche de la gravité de ses effets, la fréquence de son apparition et la probabilité de sa détectabilité. Quand toutes ces informations sont disponibles, différentes méthodes existent pour déduire une valeur de la criticité du mode de défaillance. Si la criticité est jugée non acceptable, il est alors impératif de définir des actions correctives pour pouvoir corriger la gravité nouvelle du mode de défaillance (si cela est effectivement possible), de modifier sa fréquence d'apparition et d'améliorer éventuellement sa détectabilité.

III.2.6. Les étapes de la méthode AMDEC :

La méthode s'inscrit dans une démarche en cinq étapes **(Figure III-1)**

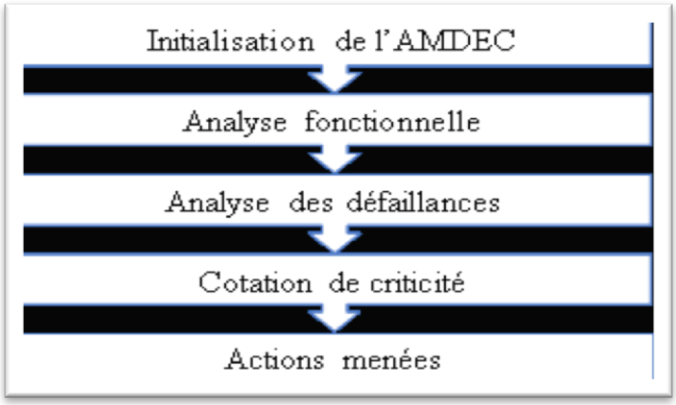


Figure III.1: La démarche AMDEC.

III.2.7. Limites et avantage :

L'AMDEC s'avère très efficace lorsqu'elle est mise en œuvre pour l'analyse de défaillances simples d'éléments conduisant à la défaillance globale du système. De par son caractère systématique et sa maille d'étude généralement fine, elle constitue un outil précieux pour l'identification de défaillances potentielles et les moyens d'en limiter les effets ou d'en prévenir l'occurrence.

Comme elle consiste à examiner chaque mode de défaillance, ses causes et ses effets pour les différents états de fonctionnement du système, l'AMDEC permet d'identifier les modes communs de défaillances pouvant affecter le système étudié. Les modes communs de défaillances correspondent à des événements qui de par leur nature ou la dépendance de certains composants provoquent simultanément des états de panne sur plusieurs composants du système.

Les pertes d'utilités ou des agressions externes majeures constituent généralement des modes communs de défaillance. Dans le cas de systèmes particulièrement complexes comptant un grand nombre de composants, l'AMDEC peut être très difficile à mener et particulièrement fastidieuse compte tenu du volume important d'informations à traiter.

Cette difficulté est décuplée lorsque le système considéré comporte de nombreux états de fonctionnement. Par ailleurs, l'AMDEC considère des défaillances simples et peut être utilement complété, selon les besoins de l'analyse, par des méthodes dédiées à l'étude de défaillances multiples comme l'analyse par arbre des défaillances par exemple.

III.3.La Méthode HAZOP :

III.3.1.Historique et domaine d'application :

La méthode HAZOP, pour Hazard Operability, a été développée par la société Imperial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité utilisant des systèmes thermo-hydrauliques (chimie, pétrochimie..).

L'Union des Industries Chimiques (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulé << Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ».

Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'en identifier les causes et les conséquences, cette méthode est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermo-hydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation.

De par sa nature, cette méthode requiert notamment l'examen de schémas et plans de circulation des fluides ou schémas P&ID (Piping and Instrumentation Diagramme).

III.3.2. Principe de la méthode :

La méthode de type HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo hydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température, le débit…ect.

L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (conceptuelle) des dérives est effectuée de manière systématique par la conjonction :

➢ De mot-clé comme par exemple « Pas de », « Plus de », « Moins de », « Trop de »

➢ Des paramètres associés au système étudié. Des paramètres couramment rencontrés concernent la température, la pression, le débit, la concentration, mais également le temps ou des opérations à effectuer.

Par exemple :

- « Plus de » et « Température » = « Température trop haute »,
- « Moins de » et « Pression » = « Pression trop basse »,
- « Inverse » et « Débit » = « Retour de produit »,
- « Pas de » et « Niveau » = « Capacité vide ».

Mot-clé + Paramètre = Dérive

L'HAZOP est une technique qualitative nécessite une équipe pluridisciplinaire autour d'une série de réunions attacher à déterminer les causes et les conséquences potentielles de chaque dérives et à identifier les moyens existants permettant de détecter cette dérive, d'en prévenir l'occurrence ou d'en limiter les effets. Le groupe de travail pourra proposer des mesures correctives à engager en vue de tendre vers plus de sécurité.

III.3.3.Objectifs Spécifiques d'une Étude HAZOP :

.Réalisation de l'étude au sein d'un groupe de travail rassemblant différents métiers :

- ✓ Sécurité, ingénierie, exploitation, maintenance…
- ✓ Méthode d'analyse systématique liée aux installations avec circuits fluides
- ✓ Contribution au respect des normes en matière de sécurité.
- ✓ Mise en évidence des principaux problèmes d'exploitation et d'entretien
- ✓ Etude des conséquences et risques éventuels liés à ces dérives
- ✓ Proposition des mesures correctives appropriées

III.3.4.Déroulement :

Le déroulement d'une étude HAZOP est sensiblement similaire à celui d'une AMDE. II convient, pour mener l'analyse, de suivre les étapes suivantes :

_ Dans un premier temps, choisir une ligne ou une maille. Elle englobe généralement un équipement et ses connexions, l'ensemble réalisant une fonction dans le procédé identifiée au cours de la description fonctionnelle;

_ Choisir un paramètre de fonctionnement;

_ Retenir un mot-clé et étudier la dérive associée.

_ Vérifier que la dérive est crédible. Si oui, passer au point 5, sinon revenir.

_ Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive.

_ Examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets.

_ Proposer, le cas échéant, des recommandations et améliorations.

_ Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse.

_ Lorsque tous les mots-clés ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et répondre l'analyse.

_ Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, choisir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse.

La démarche présentée ici est globalement cohérente avec la démarche présentée dans la Norme CEI : 61882 « Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application».

Notons de plus que, dans le domaine des risques accidentels, il est souvent nécessaire de Procéder à une estimation de la criticité des dérives identifiées.

Enfin, comme le précise la norme CEI : 61882, il est également possible de dérouler

L'HAZOP, en envisageant en premier lieu un mot-clé puis de lui affecter systématiquement les paramètres identifiés.

Tout comme pour l'APR et l'AMDEC présentées dans les paragraphes précédents, 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.

Un exemple de tableau pouvant être utilisé est présenté et commenté dans les paragraphes Suivants :

Date : Ligne ou équipement :								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Mots clé	Paramètres	Causes	Conséquences	Détection	Sécurités existantes	Propositions d'amélioration	Observations

Tableau III.2 : Exemple de tableau pour l'HAZOP

III.3.4.1. Définition du mot-clé (colonne 2) :

Le mot-clé, accolés aux paramètres importants pour le procédé, permettent de générer de manière systématique les dérives à considérer. La norme CEI : 61882 propose des exemples de mot-clé dont l'usage est particulièrement courant. Ces mots-clés sont repris dans le tableau ci-dessous, inspiré du Tableau 3 de la norme précitée.

Tableau III.3 : Exemples des mots-clés pour l'HAZOP (norme CEI : 61882)

Type de déviation	Mot-Guide	Exemples d'interprétation
Négative	NE PAS FAIRE	Aucune partie de l'intention n'est remplie
Modification quantitative	PLUS	Augmentation quantitative
	MOINS	Diminution quantitative

Modification qualitative	EN PLUS DE	étés – Exécution simultanée d'une autre opération/étape
	PARTIE DE	Une partie seulement de l'intention est réalisée
Substitution	INVERSE	S'applique à l'inversion de l'écoulement dans les canalisations ou à l'inversion des réactions chimiques
	AUTRE QUE	Un résultat différent de l'intention originale est obtenu
Temps	PLUS TOT	Un événement se produit avant l'heure prévue
	PLUS TARD	Un événement se produit après l'heure prévue
Ordre séquence	AVANT	Un événement se produit trop tard dans une séquence
	APRES	Un événement se produit trop tard dans une séquence

III.3.4.2. Définition des paramètres (colonne 3) :

Les paramètres auxquels sont accolés les mots-clés dépendent bien sûr du système considéré. Généralement, l'ensemble des paramètres pouvant avoir une incidence sur la sécurité de L'installation doit être sélectionnée. De manière fréquente, les paramètres sur lesquels porte l'analyse sont :

• la température,
• la pression,
• le débit,
• le niveau,
• la concentration,
• l'agitation,
• la quantité,
• l'absorption,
• la composition,
• la séparation,
• l'homogénéité,
• la viscosité…

La combinaison de ces paramètres avec les mots clé précédemment définis permet donc de générer des dérives de ces paramètres.

Par exemple :

• « Plus de » et « Température » = « Température trop haute »,

• « Moins de » et « Pression » = « Pression trop basse »,

• « Inverse » et « Débit » = « Retour de produit »,

• « Pas de » et « Niveau » = « Capacité vide ».

III.3.4.3. Causes et conséquences de la dérive (colonnes 4 et 5) :

De la même façon que pour une AMDE, le groupe de travail, une fois la dérive envisagée, doit identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive.

En pratique, il peut être difficile d'affecter à chaque mot clé (et dérive) une portion bien délimitée du système et en conséquence, l'examen des causes potentielles peut s'avérer, dans certains cas, complexe.

Afin de faciliter cette identification, il est utile de se référer à des listes guides telles que celle présentée en Annexe 3 à titre illustratif.

III.3.4.4 Moyens de détection, sécurités existantes et propositions (colonnes 6, 7 et 8) :

La méthode HAZOP prévoit d'identifier pour chaque dérive les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues pour en réduire l'occurrence ou les effets.
Si les mesures mises en place paraissent insuffisantes au regard du risque encouru, le groupe de travail peut proposer des améliorations en vue de pallier ces problèmes ou du moins définir des actions à engager pour améliorer la sécurité quant à ces points précis.
Le déroulement d'une étude HAZOP suivre les étapes suivantes :

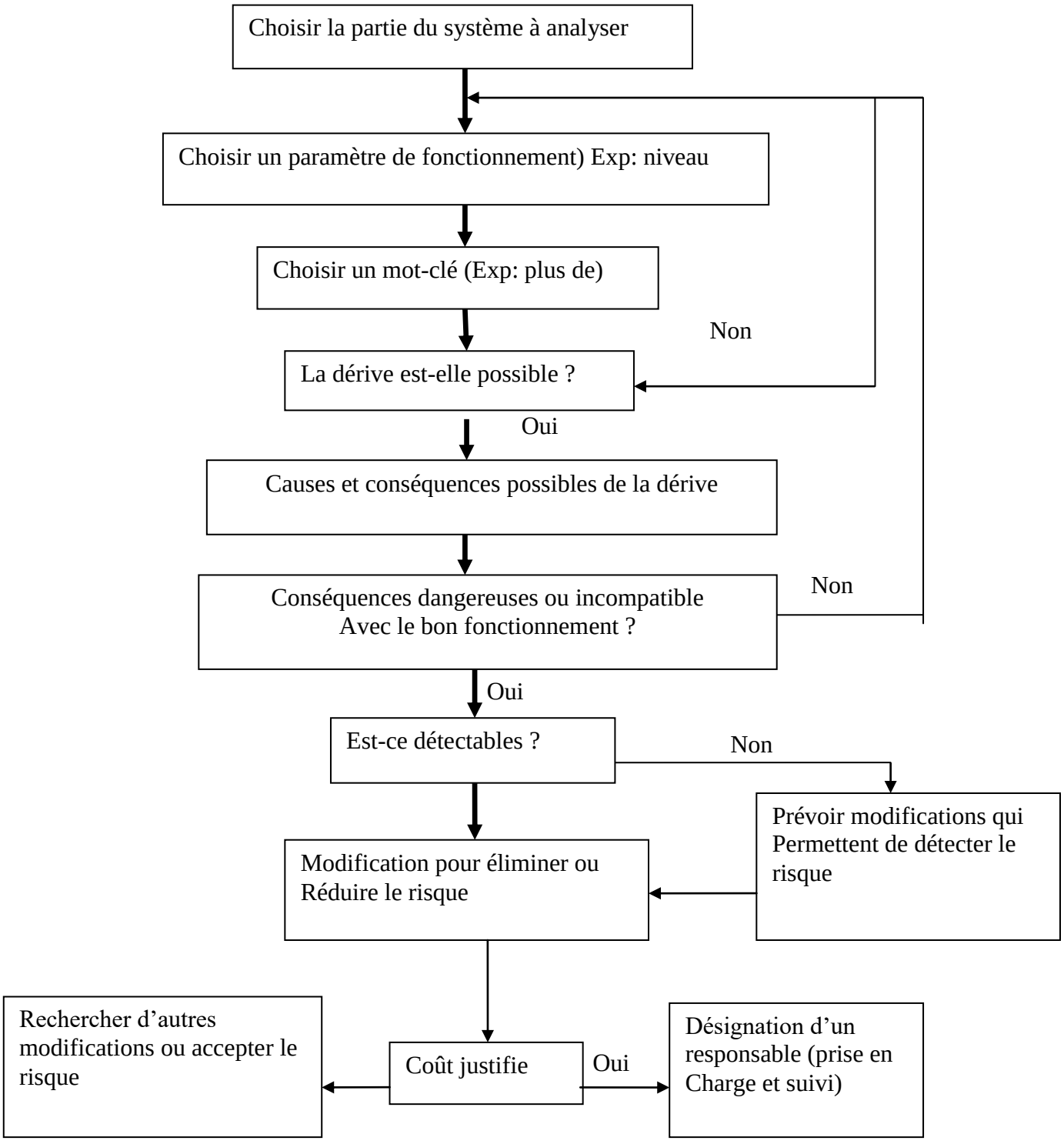


Figure III.2:Déroulement de la méthode HAZOP

III.2. 5. Équipe d'étude HAZOP :

Il est important qu'une équipe HAZOP soit constituée de personnes qui apportent à l'étude le meilleur équilibre possible entre les connaissances et l'expérience sur le type d'usine envisagé.

Une équipe HAZOP type sera constituée comme suit

• Diagrammes de tuyauterie et d'instrumentation (P&ID) pour l'installation.

• Documentation de philosophie ou de description de procédé.

• Procédures de fonctionnement et de maintenance existantes.

• Diagrammes de causes et effets (C&E).

• Plans d'aménagement d'usine.

Nom	**ROLE**
Président	Explique le processus HAZOP, dirige les discussions et facilite L'étude HAZOP. Personne ayant une bonne expérience de la Méthode HAZOP, mais pas directement impliquée dans la conception afin de garantir le respect scrupuleux de la méthode.
Secrétaires	Consigne les discussions de la réunion HAZOP et fournit un compte-rendu de celles-ci. Consignée la recommandation
Ingénieur de procédé	Généralement l'ingénieur responsable de l'organigramme des opérations de procédé et de l'élaboration des diagrammes de tuyauterie et d'instrumentation (P&ID)..
utilisateur/operator	Fournit des conseils sur l'utilisation et l'opérabilité du procédé, Ainsi que sur l'incidence d'écart
Specialist C&I	Personne ayant les connaissances techniques adaptées en Commands et instrumentation.
Technicien de maintenance	Personne chargée de la maintenance du procédé.
Représentant de l'équipe de conception	Fournit des détails relatifs à la conception ou des informations Supplémentaires.

Tableau III.4: Rôle Equipe d'étude HAZOP.

III.2.6. Limites Et Avantages:

'HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo-hydrauliques. Cette méthode présente tout comme l'AMDE un caractère systématique et méthodique. Considérant, de plus, simplement les dérives de paramètres de fonctionnement du système, elle évite entre autres de considérer, à l'instar de l'AMDE, tous les modes de défaillances possibles pour chacun des composants du système.

En revanche, I'HAZOP ne permet pas dans sa version classique d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances.

Par ailleurs, il est parfois difficile d'affecter un mot clé à une portion bien délimitée du système à étudier. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive. En effet, les systèmes étudiés sont souvent composés de parties interconnectées si bien qu'une dérive survenant dans une ligne ou maille peut avoir des conséquences ou à l'inverse des causes dans une maille voisine et inversement. Bien entendu, il est possible a priori de reporter les implications d'une dérive d'une partie à une autre du système. Toutefois, cette tâche peut rapidement s'avérer complexe.

Enfin, L'HAZOP traitant de tous types de risques, elle peut être particulièrement longue à mettre en œuvre et conduire à une production abondante d'information ne concernant pas des scénarios d'accidents majeurs.

Chapitre IV : Application la méthode HAZOP sur Bac de stockage du Gaz Butane S5

IV.1. Introduction :

La gestion des risques dans les installations industrielles de traitement et de stockage des hydrocarbures constitue une priorité majeure pour assurer la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement. Parmi les outils d'analyse les plus performants dans ce domaine, la méthode HAZOP (Hazard and Operability Study) se distingue par sa rigueur et sa capacité à identifier de manière systématique les déviations potentielles d'un processus.

Dans ce chapitre, nous mettons en œuvre la méthode HAZOP sur l'unité de stockage de gaz propane, plus précisément sur la sphère S5. L'analyse porte sur quatre paramètres critiques du système : la pression, le débit, la température et le niveau. L'objectif est de détecter les causes possibles de défaillances, d'en évaluer les conséquences et de proposer des mesures correctives ou préventives afin de renforcer la sécurité de l'installation.

Dans ce chapitre, nous allons appliquer la méthode d'analyse des risques HAZOP au bac stockage Gaz Butane S5

Nous avons sélectionné quatre paramètres pour cette application :

- Le niveau
- La température
- Le débit
- La pression

Tableau 1 : Application de l'HAZOP-paramètre de pression

UNITÉ /OPERATION: 910/stockage Gaz Butane S5 LIGNE/ÉQUIPEMENT : Sphères S5 PARAMÈTRE : Pression						
Mot Clé	Déviation	Causes	Conséquences	Détection	Sécurités Existantes	Propositions D'améliorations
Plus de	Haut Pression	-La sphère est en sur Remplissage excessif	-Explosion, incendie -Fuite de gaz dans la sphère	-Indicateur de pression	-Alarme de pression -Soupape de sécurité -système déluge	-Installer des alarmes de haute pression -Renforcer les moyens de lutte contre incendie par ajout des déversoirs à mousse pour les cuvettes des sphères
		-Défaillance de soupape de sécurité	-Explosion, incendie -Fuite de gaz butane	-Indicateur de pression	-Vérification régulier des soupapes de sécurité - Rideau de vapeur --Soupape de sécurité redondante	-Installer des alarmes de haute pression -Soupape de sécurité redondante
		-Conduite obstrue	-Déclenchement soupape de sécurité	-Indicateur de pression	-Inspection périodique des Pipes -Vérification régulier des soupapes de sécurité	-Inspection et entretien régulier des pipes
Moins de	Pas de Pression	-Défaillance (bloquée ouverte) de vanne de vidange	-Entrée d'air ou contaminants -Vidange involontaire du réservoir	-Indicateur de pression	-Système de retour de gaz pour sécuriser la sphère	-Installation d'alarmes de basse pression

		-Défaillance de remplissage	-Aucune pression interne, risque d'évaporation	-Manomètre, niveau de remplissage	-Formation du personnel sur les procédures de remplissage	-Installation d'alarmes de remplissage

Tableau 2 : Application de l'HAZOP-paramètre de débit

UNITÉ /OPERATION: 910/stockage Gaz Butane S5 LIGNE/ÉQUIPEMENT : Sphères S5 PARAMÈTRE : débit						
Mot Clé	Déviation	Causes	Conséquences	Détection	Sécurités Existantes	Propositions d'améliorations
Inverse	Retour de produit	-défaillance des clapets anti - retour	-Contamination du fluide stocké -Endommagement mécanique du clapet anti retour	-Indicateur de niveau	-Maintenance préventive des clapets anti retour	-nous recommandons d'installer des clapets hydrauliques
		-Échange incorrect de pression entre réservoirs	-Instabilité structurelle, risque de rupture	Manomètre	-Maintenance préventive des clapets anti retour	-Inspection et maintenance régulière des systèmes de transfert
Plus de	Trop de débit	-Surpression, mauvaise régulation	-Sur remplissage,	-débitmètre - inspection visuelle	-Maintenance de la vanne régulatrice, surveillance continue -Inspection et entretien régulier des vannes	-Installation de dispositifs de régulation redondants
		-bouchage	-Accumulation de pression - défaillance de system de sécurité -perturbation du processus - risque environnemental et humain	-débitmètre - inspection visuelle	-nettoyage régulier, contrôle des inhibiteurs de corrosion -formation du personnel sur les procédures de vidange	-Inspection périodique des équipements (sphère, tuyauteries)

		-Bouchage, défaillance de pompe	-Pas de remplissage, surpression en amont - Rupture ou explosion	-Débitmètre, -inspection visuelle	-Nettoyage régulier, contrôle de la cavitation -Formation du personnel sur la gestion des flux insuffisants	-Installation d'alarmes de débit insuffisant et de dispositifs anti-cavitation

Tableau 3 : Application de l'HAZOP-paramètre de températures

UNITÉ /OPERATION : 910/stockage Gaz Butane S5 LIGNE/ÉQUIPEMENT : Sphères S5 PARAMÈTRE : température						
Mot Clé	Déviation	Causes	Conséquences	Détection	Sécurités Existantes	Propositions d'améliorations
Plus de	Haute température	- Incendie externe à proximité de la sphère	-Augmentation de la pression interne du réservoir -Impacts environnementaux -Incendie et explosion -Dommage matériel Importants -menaces pour le personnel et les Riverains	Alarmes de haute Température -Ronde opérateur	- Système déluge -rideau de vapeur -soupape de sécurité (PSV)	-Installer des alarmes de haute température et un système de refroidissement automatique -Equiper la zone de stockage du GPL (cuvettes de rétention) par des détecteurs de flamme
		-Défaillance du système de refroidissement (ex : Couronnes de pulvérisation d'eau)	-risque d'explosion de type BLEVE - Incendie	-Détecteurs de Température -vérification périodiques système de refroidissement	- Système de Refroidissement Par pulvérisation - soupape de sécurité (PSV)	-Installer des alarmes de haute température -Equiper la zone de stockage du GPL (cuvettes de rétention) par des détecteurs de flamme

moins de	pas de température	-Perte d'alimentation en eau Pour le système Refroidissement	- Incapacité a refroidir le Réservoir - risque d'explosion de type BLEVE - Incendie	-Indicateur de pression	-Surveillance continue et maintenance préventive des équipements de sécurité. - soupape de sécurité (PSV) - procédure d'urgence.	-Inspection régulière du -système d'eau. -Maintenance préventive.
		-Condition climatique froides	-Gel des soupapes et tuyauteries -Contraction thermique -Baisse de pression	-Détecteur de température	-Chauffage de secours	- Inspection des vannes sensibles au froid
		-Dépression interne	-Risque de déformation structurelle de la sphère -Perturbation ou verres du soutirage - Dysfonctionnement Des instruments de mesure et de control	-Indicateur de pression et le débit	Soupapes de dépression (anti vide) -Système de contrôle automatique -Isolation thermique renforcée	-Inspection saisonnière du système d'isolation -Formation du personnel sur les risques liés aux basses températures et aux dépressions internes. -

Tableau 4 : Application de l'HAZOP-paramètre de niveau

UNITÉ /OPERATION : 910/stockage Gaz Butane S5 LIGNE/ÉQUIPEMENT : Sphères S5 PARAMÈTRE : Le Niveau						
Mot Clé	Déviation	Causes	Conséquences	Détection	Sécurités Existantes	Propositions d'améliorations
Plus de	Haut Niveau	-Sur remplissage excessif	-Rupture de la sphère, BLEVE -Décès des opérateurs -Blessures graves	-Manomètre, Détecteurs de niveau -soupapes de sécurité -rondes de vérification régulière par les opérateurs	-Etalonnage périodiques des soupapes de sécurité, vérification régulière des indicateurs de niveaux - Inspection régulière de la régulation de pression	-Installer des alarmes de haut niveau
		Défaillance du détecteur de niveau	-Rupture de la sphère, BLEVE -Décès des opérateurs -Blessures graves	Manomètre, soupapes de sécurité -Rondes de vérification ré gulières par les opérateurs	Maintenance des détecteurs de niveau -Etalonnage régulier des détecteurs de niveau -Inspection régulière des détecteurs par les instrumentistes	-Installer des alarmes de haute niveau et pression
		-Défaillance de la vanne de remplissage (la vanne ne se ferme pas)	-Rupture de la sphère, BLEVE -Décès des opérateurs -Blessures graves	-Manomètre, Détecteurs de niveau	- Maintenance préventive des vannes.	-Assurer une maintenance régulière des vannes d'aspiration et refoulement
		-Défaillance de remplissage vanne de remplissage (ne se s'ouvre pas)	-Aucune pression interne, risque d'évaporation	Manomètre, niveau de remplissage	-Vérification des procédures de remplissage - Formation du personnel sur les procédures de remplissage	-Installation d'alarmes de basse niveau

Moins de	Pas de Niveau	-Vidange rapide, défaillance de support	-Implosion de la sphère -Effondrement de la sphère.	-Détection visuelle, - manomètre de niveau	-Vérification réglementaires périodiques des sphères (test hydrostatique) -Formation du personnel sur la gestion des dépressions	-Installation d'alarmes de basse pression

IV. 2. Conclusion

L'application de la méthode HAZOP sur la sphère de stockage de gaz butane S5 a permis de mettre en évidence plusieurs scénarios de risques liés aux paramètres critiques du système. Cette analyse a révélé des causes potentielles de dysfonctionnements tels que les défaillances de vannes, les surpressions, les anomalies de température, ou encore les problèmes de niveau.

Grâce à une décomposition systématique des déviations possibles, des moyens de détection, des sécurités existantes et des propositions d'amélioration ont été formulés pour chaque cas. Ces recommandations, allant de la mise en place de dispositifs d'alarme à l'optimisation des procédures de maintenance, visent à renforcer la sûreté de l'installation et à prévenir les accidents industriels majeurs. Ce travail met en évidence l'efficacité de la méthode HAZOP comme outil d'aide à la décision dans la gestion proactive des risques industriels.

CONCLUSION GENERALE

L’objectif de ce mémoire était d’évaluer les risques industriels associés au stockage du gaz de pétrole liquéfié (GPL), en particulier le Butane, au sein de la raffinerie d’Alger (RA1G), à travers l'application rigoureuse de la méthode HAZOP. Cette étude s’inscrit dans une démarche de maîtrise des dangers majeurs dans l’industrie pétrolière, un secteur hautement sensible où toute défaillance peut avoir des conséquences humaines, matérielles et environnementales graves.

Nous avons d’abord dressé un état des lieux global de la raffinerie d’Alger, en décrivant son fonctionnement, ses unités de traitement, ses infrastructures de stockage et son organisation en matière de sécurité. Cette base d’observation a permis de mieux appréhender les enjeux liés à la prévention des accidents industriels dans un environnement aussi complexe.

Nous nous sommes ensuite intéressés aux spécificités du GPL, ses propriétés physiques et chimiques, les conditions de son traitement et de son stockage, ainsi que les risques qu’il engendre : incendies, explosions (BLEVE, UVCE), fuites, pollution de l’air, du sol ou des eaux. Cette analyse a mis en évidence la nécessité de dispositifs de sécurité robustes et adaptés aux caractéristiques volatiles du propane et du butane.

Dans le cadre méthodologique, l’analyse des différentes approches d’évaluation des risques nous a amenés à retenir la méthode HAZOP pour sa pertinence dans les systèmes industriels complexes. Elle offre une approche structurée et collaborative permettant d’identifier les déviations critiques d’un processus, d’en rechercher les causes, d’en estimer les conséquences, et de proposer des mesures correctives ciblées.

L’application de cette méthode à une étude de cas réelle – la sphère de stockage de gaz Butane S5 a permis de dégager plusieurs scénarios de défaillance relatifs à des paramètres clés comme la pression, la température, le débit et le niveau. Pour chacun de ces paramètres, des recommandations ont été formulées afin de renforcer les mesures de prévention existantes, telles que l’ajout d’alarmes, la mise en place de redondances sur les systèmes critiques, l’intensification des programmes de maintenance préventive, ainsi qu’une meilleure sensibilisation et formation du personnel.

REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE

1) . Document RA1G, Sonatrach/Activité Aval/Division Raffinage.
2) . F. WHEELER ; Brochure de la Raffinerie d'Alger ; 1962
3) . Fiche induction SST de la raffinerie Alger
4) . Le journal officiel de la république algérienne
5) . Permis et le Bon de travail de la raffinerie Alger
6) . PV général de sécurité de raffinage Al la raffinerie Alger
7) . R. S. Kraus, « Le raffinage du pétrole », Encyclopédie de sécurité et de sûreté au travail, Bureau international du travail.
8) . Etude de danger Sonatrach/Activité Aval/Division raffinage Alger
9) . KHOUDER DJABER, « Evaluation des risques professionnels (EvRP) au niveau du Département maintenance « Raffinerie d'Alger » » mémoire de master, Université de Boumerdes 2023
10) . ABDI Adil (2012) : «Optimisation de la fonction maintenance par la méthode AMDEC cas de la pompe 2000D à membrane de l'entreprise CERTAF». Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en Génie mécanique, Université Aboubakr Belkaïd Tlemcen.
11) . Formation SF6 la Méthode HAZOP
12) . G. Landy, AMDEC Guide pratique
13) . INERIS «Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle »Rapport d'étude N° DRA-2006-P46055-CL47569. 13/10/2006.
14) . KELADA. J, 1994, l'AMDEC, École des Études Commerciales : Centre d'étude en qualité totale.
15) . L'AMDEC un outil puissant d'optimisation de la maintenance, application à un moto-compresseur. Brahim HERROU, Mohamed ELGHORBA. 2005.
16) . Mayes T. et Kilsby D. C, 1989. L'utilisation de l'analyse des risques HAZOP pour identifier les points rouges pour la sécurité microbiologique des aliments.
17) . NORME CEI 61882,2001études de danger et d'exploitabilité (étude HAZOP) guide d'application.2001.
18) .Technique De L'ingénieur Extrait 42155210 HAZOP : Une Méthode D'analyse Des Risques, 10 Avril 2009 Www .Techniques-Ingenieur.Fr.
19) . MILWAUKEE.D, KLEETLAAN.C, and BOMBARDIER.B, "Sécurité fonctionnelle dans l'industrie des procédés Principes, normes et mise en œuvre," 2013.

20). Document par Anousone CHAMPASSITH Ingénieur sécurité, spécialiste des phénomènes dangereux « Phénomènes dangereux dans les dépôts de liquides inflammables » Technip FMC, La Défense, France

21). O.AIT AHMED «Cours hygiène, sécurité et environnement» Université d'ORAN 2017.

22) D.Bouziane, K.Mohamed « L'application de la méthode HAZOP pour L'analyse des risques liés au stockage des hydrocarbures » Mémoire de fin d'étude du master, Université Yahia Fares De Médéa 2020.