

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA  
BOUMERDES



FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT GENIE DES PROCEDES

## MEMOIRE DE MASTER

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Hygiène et Sécurité Industrielle

### THEME

**Identification des risques liés au stockage de  
GPL au niveau de la Raffinerie d'Alger RA<sub>1</sub>G  
Cas : sphère de Butane 911-S-006**

Présenté par :  
OUAMRI Farid  
GHARBI Hichem

*Examiné par le Jury composé de :*

M<sup>me</sup> LARID.R  
M<sup>r</sup> AKSSAS.H  
M<sup>me</sup> IDIR.L

MAA  
MCA  
MAA

UMBB  
UMBB  
UMBB

Présidente  
Encadreur  
Examineur

Année Universitaire 2019/2020

# Remerciements

*En tout premier lieu, nous remercions le bon Dieu, tout puissant, de nous avoir donné force et courage pour mener à terme ce travail, ainsi que la volonté pour dépasser toutes les difficultés.*

*Nous exprimons nos profonds remerciements à notre promoteur et **Chef département Génie des Procédés, Mr AKSSAS** pour l'aide qu'il nous a apporté ainsi que pour sa patience et ses encouragements, son œil critique qui était très précieux pour structurer et mener à terme notre travail.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury **Mme LARID et Mme IDIR** qui nous nous feront l'honneur de juger et d'évaluer ce présent travail et de l'enrichir par leurs remarques pertinentes.*

*Nous remercions également aux professeurs de département Génie des procédés et toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*



## *Dédicace*

*C'est avec un grand plaisir que je dédie ce travail ;*

*À la mémoire de mon cher père,  
L'homme de ma vie pour qui je prie Allah de lui accorder son clémence et sa  
miséricorde, et de l'accueillir dans son vaste paradis*

*A Ma Très Chère Mère  
Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Ta prière et ta  
Bénédictioin m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie.  
Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma  
profonde reconnaissance. Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder  
santé, longue vie et Bonheur*

*À Mes Chers Frères et Sœurs*

*À la Bougie qui éclaire les ténèbres de ma vie, Mon Ame Sœur  
et ma compagne de vie « Ma Très Chère Epouse».*

*Aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance  
pour l'amour, la tendresse, la gentillesse dont tu m'as toujours entouré....  
Je te suis très reconnaissant, et je ne te remercierai jamais assez pour ton amabilité,  
ta générosité, ton aide précieuse, ta patience et soutien dont tu as fait preuve  
pendant toute la durée de mon cursus universitaire.*

*Puisse le Bon Dieu nous procure santé Bonheur et Longue Vie.*

*A toute ma Famille et ma Belle Famille*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux  
tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible*

*A tous mes enseignants qui ont contribué à ma formation  
durant tout mon cursus universitaire*

OUAMRI Farid



# Dédicace

*C'est avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail ;*

*A mes chères parents ma mère et mon père pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.*

*A ma chère épouse, pour la patience et le soutien dont elle a fait preuve pendant toute la durée de cette thèse.*

*A ma très chère fille Eline, mon petit rayon de soleil qui éclaire ma vie !*

*A mes chers frères, sœurs et leurs enfants, source de joie et de bonheur.*

*A tous mes chers amis.*

*A tous ceux qui me sont chères.....*

**GHARBI HICHEM**



## **Résumé :**

L'analyse des risques d'accidents technologiques majeurs s'inscrit dans un cheminement plus large de gestion des risques. Sa réalisation permet de connaître les accidents potentiels associés à l'implantation ou la présence d'une installation.

Dans ce travail nous avons traité certains aspects de la sécurité de stockage sphérique du GPL dans le site industriel de la raffinerie d'Alger « RA1G ». L'objectif de cette étude est de mettre en évidence les risques et les dangers liés aux stockages de GPL qui présente un potentiel de dangers importants, principalement pour son risque d'inflammabilité, d'explosivité, les conditions opératoires et les conditions de stockage.

Le retour d'expérience sur les accidents industriels majeurs nous montre la nécessité d'une approche globale couvrant les principaux éléments de la politique de prévention des risques majeurs, à savoir : la réduction des risques à la source (EDD), l'élaboration et la mise en œuvre des plans d'urgences et de secours (PII, PPI), la maîtrise de l'urbanisation autour des sites à risques majeurs, et de développer une culture de prévention : Information et participation du public.

La modélisation des conséquences d'accidents nous a permis de connaître l'ampleur des effets potentiels liés à l'occurrence de certains scénarios de fuite et ainsi pouvoir réduire les risques (prévention et protection), de mettre à jour la structure d'intervention et les plans d'urgence, de procéder éventuellement à la communication des risques avec les parties prenantes (populations potentiellement affectées, autorités, le personnel, etc.

**Mots clés : analyse des risques, GPL, phénomène BLEVE, accidents industriels**

## **ملخص :**

يعد تحليل مخاطر الحوادث التكنولوجية الكبرى جزءاً من عملية أكبر لإدارة المخاطر. إن إدراكه يجعل من الممكن معرفة الحوادث المحتملة المرتبطة بإنشاء أو وجود منشأة.

في هذا العمل تناولنا جوانب معينة من سلامة التخزين الكروية لغاز البترول المسال في الموقع الصناعي لمصفاة الجزائر "RA1G."

الهدف من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على المخاطر والأخطار المرتبطة بتخزين غاز البترول المسال ، والذي يمثل احتمالاً لمخاطر كبيرة ، خاصة لخطر القابلية للاشتعال والانفجار وظروف التشغيل وظروف التخزين.

تُظهر لنا ملاحظات التجربة حول الحوادث الصناعية الكبرى الحاجة إلى نهج شامل يغطي العناصر الرئيسية لسياسة الوقاية من المخاطر الرئيسية ، عالمي يغطي العناصر الرئيسية لسياسة الوقاية من المخاطر الرئيسية ، وهي: الحد من المخاطر والتحكم في التحضر حول مواقع المخاطر (، PPI ، PII) ، التطوير و تنفيذ خطط الطوارئ والدعم (EDD) عند المصدر وتطوير ثقافة الوقاية: المعلومات والمشاركة العامة.

لقد مكنتنا نمذجة عواقب الحوادث من معرفة مدى التأثيرات المحتملة المرتبطة بحدوث بعض سيناريوهات التسرب وبالتالي التمكن من تقليل المخاطر (الوقاية والحماية) ، وتحديث هيكل التدخل و خطط الطوارئ ، وربما إبلاغ المخاطر مع أصحاب المصلحة (السكان المحتمل تأثرهم ، والسلطات ، والموظفون ، إلخ).

**الكلمات الدالة: تحليل المخاطر ، ظاهرة BLEVE ، غاز البترول المسال ، الحوادث الصناعية**

## **Abstract :**

The analysis of the risks of major technological accidents is part of a broader risk management process. Its realization makes it possible to know the potential accidents associated with the establishment or presence of an installation.

In this work we have dealt with certain aspects of the spherical storage safety of LPG in the industrial site of the Algiers refinery "RA1G".

The objective of this study is to highlight the risks and dangers associated with storing LPG, which presents a potential for significant dangers, mainly for its risk of flammability, explosiveness, operating conditions and storage conditions.

Experience feedback on major industrial accidents shows us the need for a global approach covering the main elements of the major risk prevention policy, namely: risk reduction at source (EDD), development and implementing emergency and back-up plans (PII, PPI), controlling urbanization around major risk sites, and developing a culture of prevention: Information and public participation.

Modeling the consequences of accidents has enabled us to know the extent of the potential effects linked to the occurrence of certain leak scenarios and thus to be able to reduce the risks (prevention and protection), to update the intervention structure and emergency plans, possibly communicating risks with stakeholders (potentially affected populations, authorities, staff, etc.

**Key words:** risk analysis, LPG, BLEVE phenomenon, industrial accidents

## SOMMAIRE

Remerciements .....	i
Dédicaces .....	ii
Résumé .....	iii
Liste des figures .....	iv
Liste des tableaux .....	v
Liste d'abréviations .....	Vi

Glossaire.....

Introduction générale ..... 1

### Synthèse bibliographique

#### CHAPITRE I : Description de la raffinerie d'Alger et de la zone de stockage de GPL

I.1. Présentation de la raffinerie d'Alger : .....	2
I.1. 1. Historique.....	2
I.1. 2. Caractéristiques techniques.....	2
I.1.2. Situation géographique de la raffinerie.....	3
I.1. 3. Organisation de la raffinerie .....	3
I.1.4. Missions essentielles.....	3
Missions du département Hygiène Sécurité et Environnement .....	4
I.2. Description de la zone de stockage de GPL .....	5
I.2. 1. Condition à la limite de la zone : .....	7
I.2. 2. Equipements de contrôles, et de sécurité.....	8
I.2. 3. Arrêt d'urgence.....	9

#### CHAPITRE II : Généralités sur le gaz de pétrole liquéfié « GPL »

II. Généralités sur le GPL.....	10
II.1. Définition des GPL.....	10
II.2- Origine du GPL .....	11
II.3. Propriétés et caractéristiques du GPL .....	12

II.3.1. Propriétés des produits commerciaux.....	12
II.3.2 Spécifications des produits finis.....	14
II.4. Stockage du GPL.....	15
II.5- Risques et sécurité des GPL.....	16

### CHAPITRE III : Phénomènes dangereux et effets thermiques associés

III .1. Phénomènes instantanés.....	18
III.1.1. UVCE.....	18
III.1.2. Boilover :.....	19
III.1.3. BLEVE.....	20
III.2.2. Feu de nappe.....	24
III. 3. Caractéristiques des phénomènes dangereux.....	25

## PARTIE EXPERIMENTALE

### CHAPITRE I : Application du logiciel de simulation PHAST

I.1 Hypothèses générales pour la modélisation.....	27
I.1.1. Présentation du logiciel de simulation PHAST.....	27
I.1.2 Conditions atmosphériques.....	27
I.1.3. Substances utilisées.....	28
I.1.4. Seuils de référence pour les effets thermiques.....	28
I.1.5. Seuils de références pour les effets de surpression.....	29
I.2. Modélisation des effets du phénomène BLEVE par PHAST 7.2.....	29
I.2.1. Identification du phénomène dangereux (par méthode HAZOP).....	29
I.2.2. Caractéristiques du terme source.....	31

### **CHAPITRE II : Résultats et discussion**

II. Résultats et discussion.....	32
II.2. Modélisation des effets de surpression.....	34
II.3. Résultats présentés sur fond cartographique (zones d'effet).....	35
Conclusion Générale et recommandations.....	38

# **LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES**

## LISTE DES TABLEAUX

### CHAPITRE II : Généralités sur le gaz de pétrole liquéfié « GPL »

**Tableau II.1:** Caractéristiques des composants du GPL .....12

### CHAPITRE III : Phénomènes dangereux et effets thermiques associés

Tableau. III.1: Synthèse des caractéristiques des phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un aléa thermique ..... 25

Tableau. III .2 : Émittances moyennes de certains liquides inflammables ..... 26

## PARTIE EXPERIMENTALE

### CHAPITRE I : Application du logiciel de simulation PHAST

Tableau I.1: Conditions atmosphériques retenues pour les modélisations..... 27

Tableau I.2 : Description des seuils d'effets thermiques ..... 28

Tableau I.3 : Description des seuils des effets de surpression ..... 29

Tableau I.4 : Identification du phénomène dangereux (par la méthode HAZOP) sur la sphère de stockage de butane..... 30

Tableau I.5 : Les paramètres de la sphère 911-S-006 ..... 31

### CHAPITRE II : Résultats et discussion

Tableau II. 1: tableau récapitulatif des résultats.....36

## **LISTE DES FIGURES**

### **CHAPITRE I Description de la raffinerie d'Alger et de la zone de stockage de GPL**

<b><u>Figure I.1</u></b> : Organigramme Département Hygiène Sécurité et Environnement	5
<b><u>Figure I.2</u></b> : Alimentation des sphères de butane et de propane .....	6
<b><u>Figure I.3</u></b> : Zone de stockage de GPL U911.....	7
<b><u>Figure I.4</u></b> : Sphère de stockage de butane 911-S-006.....	8
<b><u>Figure I.5</u></b> : Vanne anti-feu de commande à distance.....	9

### **CHAPITRE II : Généralités sur le gaz de pétrole liquéfié « GPL »**

<b><u>Figure II.1</u></b> : Origine du GPL .....	11
--	----

### **CHAPITRE III : Phénomènes dangereux et effets thermiques associés**

<b><u>Figure III. 1:</u></b> Boilover, accident de Skikda 2005 .....	20
<b><u>Figure III.2</u></b> : Phénomène du BLEVE.....	21
<b><u>Figure III.3:</u></b> Mécanisme de surchauffe et de rupture du réservoir.....	22

**Figure III.4** : Cas d'une rupture du réservoir - ondes de surpression avec projection de débris par un mélange gaz/air avec rayonnement intense de chaleur 23

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **CHAPITRE II : Résultats et discussion**

<b><u>Figure II.1</u></b> : Niveau de propagation de la radiation.....	32
<b><u>Figure II.2</u></b> : Distances d'impact pour chaque radiation thermique .....	33
<b><u>Figure II.3:</u></b> Surpression d'explosion.....	34
<b><u>Figure II.4:</u></b> Effets de surpression. ....	35
<b><u>Figure II.5</u></b> : Intensité des radiations de la boule de feu .....	35

## LISTE DES ABREVIATIONS

### Liste des abréviations

**CCPS** : Center for Chemical Process Safety

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone

**CO** : Monoxyde de carbone

**DIPPR**: Design Institute for Physical Properties.

**DNV**: DET NORSKE VERITAS

**GPL**: Gaz de pétrole liquéfié

**DCS**: Distributed Control System

**UDM**: Unified Dispersion Model

**PPI** : Plan Particulier d'Intervention

**TLS** : Température Limite de Surchauffe

**ATEX**: Atmospheric Expansion model

**HAZOP**: Hazard operability study

**PHAST**: Process hazard analysis software tool

**RBF** : Rayon de la boule de feu

**UZV** : Vanne coupe- feu à distance

**ESD** : Emergency shut down

**PSI** : livres par pouce carré

## GLOSSAIRE

**Atmospheric Expansion model** : C'est un modèle qui détermine les conditions finales de rejet après l'expansion jusqu'à la pression atmosphérique.

**Pouvoir émissif (surfaccique) ou émittance** : Flux thermique radiatif de la flamme par unité de surface. Il est exprimé en kilowatts par m<sup>2</sup>(kW/m<sup>2</sup>).

**La méthode HAZOP** : La méthode HAZOP, ou Analyse de Perturbations, est une analyse systématique et formalisée d'identification des risques et des problèmes d'opérabilité d'installations ou de procédés. L'identification systématique et la détermination des causes et des conséquences des perturbations susceptibles de survenir au cours de l'exploitation des installations permettent en fait une analyse de l'intégrité opérationnelle du système étudié.

**Emissivité** : L'émissivité de la flamme est un nombre sans dimension entre 0 et 1 qui traduit l'aptitude de la flamme à se comporter comme un corps noir.

**Effets dominos** : Action d'un phénomène accidentel affectant une ou plusieurs installations d'un établissement qui pourrait déclencher un phénomène accidentel sur les établissements voisins conduisant à une aggravation générale des conséquences.

**Flux thermique radiatif** : Quantité de chaleur transférée par rayonnement thermique, par unité de temps. Elle s'exprime en kW.

**Chaleur de combustion** : Energie thermique dégagée par la combustion d'une unité de masse d'une substance donnée. Elle est exprimée en joules par kilogrammes (J/kg)

**Incendie** : Combustion autoentretenue qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace.

**Méthode "Multi-Energy"** : Cette méthode a été établie par le T.N.O. (organisme national néerlandais) de manière à obtenir une représentation plus "réaliste" des phénomènes mis en jeu lors de l'inflammation d'un nuage de produit inflammable. Cette méthode repose sur un certain nombre de constats expérimentaux plus ou moins grande échelle et est actuellement reconnue au niveau international. Cette méthode prend en compte la « Masse Réactionnelle » du nuage, mais intègre également un degré de confinement du nuage. Le pic de surpression généré par l'inflammation du nuage étant fonction de l'encombrement du lieu où le nuage se développe.

**Méthode de l'équivalent TNT :** Cette méthode consiste à assimiler les surpressions produites par l'inflammation d'un nuage de produit inflammable, à celles produites par un explosif condensé (en l'occurrence le TNT). Cette méthode consiste donc à condenser en un point du nuage, la Masse Réactionnelle du produit, et d'estimer l'effet de souffle généré par l'explosion de cette masse, comme si l'explosion était de type détonation.

D'une manière générale, le point de concentration de la Masse Réactionnelle est placé au centre du nuage (par rapport à sa Limite Inférieure d'Inflammabilité). Les effets de surpression sont assimilés à ceux d'une explosion de type détonation, engendrant un pic de pression positive instantané.

**Accident majeur :** Événement tel qu'une émission, un incendie, une explosion résultant de développement incontrôlés survenus au cours de l'exploitation des installations entraînant pour la vie humaine à l'intérieur ou à l'extérieur des complexes un danger grave immédiat ou différé.

**Intensité :** Effet quantifié d'un phénomène dangereux. Seuils des Effets.

**Irréversibles (SEI) :** Seuil délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine ».

**Seuils des Effets Létaux (SEL) :** Seuil délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » correspondant à une concentration létale égale à 1%.

**Seuils des Effets Létaux Significatifs (SELS) :** Seuil délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine » correspondant à une concentration létale égale à 5%.

**INTRODUCTION  
GENERALE**

## Introduction générale

Ces dernières années, les établissements industriels ont connu une augmentation rapide du nombre d'accidents industriels majeurs et des catastrophes telles que les incendies et les explosions occasionnant des impacts et des effets graves sur les personnes, les biens et l'environnement. Pour cela, une démarche d'analyse cohérente des risques qui consiste à identifier les événements indésirables, les scénarios d'accident, les zones à risques est nécessaire pour une bonne maîtrise de ces derniers.

L'analyse des risques technologiques a pour but d'identifier les accidents technologiques majeurs susceptibles de se produire et d'évaluer leurs conséquences possibles. Elle vise également à identifier les mesures qui pourraient être mises en place pour réduire leur importance.

Le scénario normalisé ou « pire scénario » est utilisé dans le but d'estimer quelles sont les conséquences maximales d'un accident en termes d'étendue de territoire, de population touchée et de niveau d'impact (décès, blessures, contamination). Il suppose la perte de confinement de la plus grande quantité de matière dangereuse suite à la rupture d'une conduite ou d'une tuyauterie ou d'une capacité. Pour les produits inflammables, l'accident considéré est l'explosion, pour les toxiques, il s'agit de la formation d'un nuage toxique.

La modélisation des effets de phénomènes dangereux a deux objectifs. Elle permet certes d'évaluer les distances d'effets demandées par la réglementation dans une étude de dangers (EDD), mais aussi de conforter des choix techniques (par exemple la conception d'un réseau de capteurs, nombre et positionnement d'une chaîne de détection de fuite afin d'optimiser la cinétique de détection/réaction).

C'est dans ce contexte que s'inscrit la thématique de ce travail qui est structuré comme suit :

- Une partie bibliographique répartie en trois chapitres : le premier consiste en une description générale de la raffinerie d'Alger et de la zone de stockage de GPL, le second porte sur des généralités sur le GPL et le troisième chapitre est consacré aux phénomènes dangereux et les risques associés
- Une partie expérimentale focalisée en premier lieu sur l'application d'outil d'une simulation numérique PHAST sur la sphère 911-S-006, puis la modélisation des effets du phénomène de BLEVE par PHAST et l'identification des phénomènes dangereux (par la méthode HAZOP) ;  
Puis en deuxième lieu un récapitulatif des résultats obtenus et leurs discussion ;
- En dernier, nous terminons par une conclusion générale et recommandations.

# **CHAPITRE I**

## **Description de la Raffinerie d'Alger et de la Zone de Stockage de GPL**

## **I.1. Présentation de la raffinerie d'Alger :**

L'Algérie est l'un de ces pays producteurs de pétrole. Elle fait partie de l'OPEP. Elle dispose de Cinq raffineries : La Raffinerie d'Alger, La Raffinerie de HASSI MESSOUD, La Raffinerie d'ARZEW, La Raffinerie de SKIKDA, et enfin la Raffinerie d'In Amenas (RIA). Elles sont gérées par SONATRACH-activité aval-Division Raffinage. [1]

La raffinerie d'Alger est une raffinerie de pétrole située à Sidi R'cine à l'est d'Alger en Algérie, elle a été construite en 1964 sa capacité de traitement d'environ 3,645 millions tonnes/an [2], ce qui en fait la deuxième grande raffinerie d'Algérie, cette raffinerie est actuellement exploitée par Sonatrach.

### **I.1. 1. Historique :**

La raffinerie d'Alger est inaugurée par Ahmed Ben Bella le 15 avril 1964, avec une capacité de raffinage de 2 500 000 tonnes de pétrole brut par an [2].

Le 22 septembre 2010, la réhabilitation de la raffinerie est confiée au groupe français Technip, pour un montant de 67,8 milliards de dinars [3]. Sonatrach résilie en 2015 le contrat, les deux parties s'opposant sur l'ampleur des travaux à réaliser [4].

Le 6 novembre 2016, la réhabilitation de la raffinerie est réattribuée au groupe chinois China petroleum Engineering and Construction (CPECC), pour un montant de 45,5 milliards de dinars. Les travaux visent à augmenter de 35% les capacités de raffinage [5]. Le 21 février 2019, la raffinerie d'Alger est inaugurée par les ministres de l'énergie et de l'intérieur, Mustapha Guitouni et Noureddine Bedoui et le PDG de Sonatrach, Abdelmoumen Ould Kaddour après les travaux de réhabilitation et d'extension par China petroleum Engineering and Construction (CPECC) [6].

### **I.1. 2. Caractéristiques techniques**

- **Capacités de production**

La raffinerie d'Alger traite 3.6 millions de tonnes par an de pétrole brut saharien. La production est au norme Euro V, elle permet de couvrir 95% des besoins en carburants de la région Centre en Algérie [7].

La raffinerie d'Alger est le premier et important complexe construit en Algérie, elle répond aux impératifs suivants : ·Traiter le pétrole de Hassid Mess aoud. ·Satisfaire la consommation

croissante en carburant du marché national précédemment couvert par les importations. Le complexe à coûté 2.1 millions de centimes.

### **I.1.2. Situation géographique de la raffinerie**

Le choix géographique de la raffinerie à été bien étudié, grâce à sa nappe d'eau qui lui permet une alimentation en continue des systèmes de refroidissements. La raffinerie d'Alger se situe au nord du pays plus précisément au centre à Sidi Arcine Baraki à 5km au sud de la ville de El-Harrach et à 20Km à l'est d'Alger, elle prend une surface de 182 Hectares. Elle à l'avantage d'être dans le plus grand centre de consommation. L'alimentation se fait directement de HASSI MESSOUD au moyen d'un piquage à BENI MANSOUR jusqu'à la RAFFINERIE D'ALGER [1].

### **I.1. 3. Organisation de la raffinerie**

La raffinerie d'Alger est organisée comme suit :

- La Sous-Direction Exploitation
- La Sous-Direction Maintenance
- La Sous-Direction Technique
- La Sous-Direction Personnel
- Le Département Finance et Juridique
- Le Département Hygiène Sécurité et Environnement
- Le Département Passation des marchés
- Le Département Technologie et Information
- Le Département Organisation Système et Qualité
- Le Département Sureté Interne

### **I.1.4. Missions essentielles:**

**La direction de la raffinereie d'Alger « RA1G » a pour missions :**

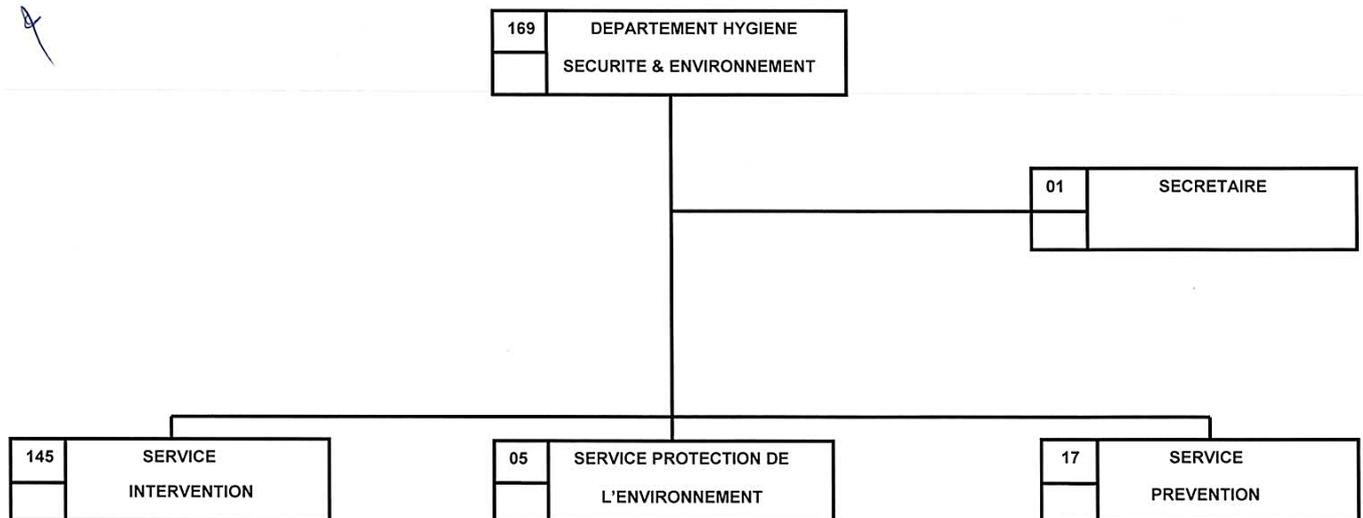
- La mise en œuvre des politiques et stratégie de l'activité RPC et de la Division Exploitation Raffinage en matière d'exploitation, de gestion et de développement de la Raffinerie RA1G ;
- La collaboration, avec les structures de la Division Exploitation Raffinage à l'élaboration, à la mise en œuvre et au suivi des plans d'exploiatation, de maintenance et d'approvisionnements de la Raffinerie RA1G ;

- Le développement d'une expertise en matière d'exploitation, de maintenance et de développement de la Raffinerie RA1G ;
- La veille à la bonne exploitation de la Raffinerie RA1G dans les meilleures conditions de sécurité, de coût et de qualité ;
- La veille à la mise en œuvre des plans de fiabilisation et de sécurisation des installations de la Raffinerie RA1G ;
- La veille à la planification et à la réalisation des programmes d'investissements et de réhabilitation des installations de la Raffinerie RA1G ;
- La contribution à l'élaboration des politiques, des procédures, des systèmes et des méthodes dans le domaine de l'exploitation et la gestion de l'outil de production ;
- L'élaboration des plans de production de la Raffinerie RA1G, en collaboration avec les structures concernées de la Division Exploitation Raffinage, en quantité, qualité, délais et ce, en conformité avec les règles HSE ;
- La mise en œuvre, le suivi et le contrôle du plan de production la Raffinerie RA1G ;
- Le suivi et le contrôle de la gestion et de l'exploitation de la Raffinerie RA1G, avec pour objectifs le maintien de la production à la capacité optimale, l'optimisation des coûts de production et le respect des normes et règles de sécurité et de qualité ;
- L'élaboration et le suivi d'exécution du Plan à Moyen Terme de la Raffinerie RA1G ;
- L'organisation de l'information et du reporting.

### ❖ **Missions du département Hygiène Sécurité et Environnement**

- La veille à la sauvegarde du patrimoine (unité de production et annexe) par la mise en œuvre des plans de sécurité et le contrôle du respect des consignes et des règles y afférentes ;
- La veille à la sécurité des personnes, des biens et des installations au sein de la raffinerie ;
- La contribution à la rentabilité de la raffinerie par la recherche des améliorations constantes pour la préservation de la sécurité des hommes et des installations ;
- L'analyse des risques de santé, de sécurité et d'environnement au sein de la direction de la raffinerie d'Alger et l'établissement des plans d'action pour leur prise en charge ;
- L'établissement et la diffusion des règles et consignes de sécurité en veillant à leur application ;
- La veille à la mise en œuvre des politiques, règles et procédures dans les domaines de sécurité, de la santé et de la protection de l'environnement ;

- La veille au développement et au maintien au niveau de compétences de son personnel ;
- L'organisation de l'information et du reporting.



**Figure I.1 : Organigramme Département Hygiène Sécurité et Environnement**

## I.2. Description de la zone de stockage de GPL :

La zone de stockage est prévue pour stocker séparément le propane et le butane produits dans l'usine de gaz GP (U-300) et l'unité de craquage catalytique des fluides résiduels RFCC (U530).

La zone de stockage en sphères comprend :

- La zone existante des sphères, unité 910.
- La nouvelle zone des sphères, unité 911.

Une capacité de stockage supplémentaire pour le propane et le butane est fournie au niveau du nouveau stockage du GPL (Unité 911) pour adapter le nouveau débit de production du GPL après la réhabilitation de la raffinerie.

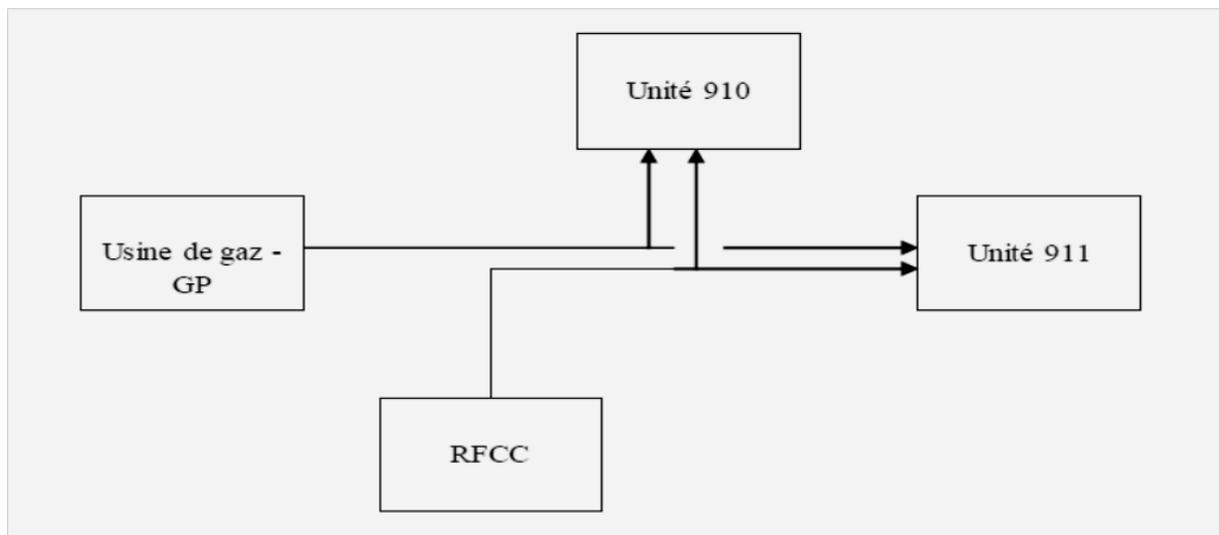
La zone de sphères comprend désormais l'équipement suivant :

- Quatre sphères pour propane (910-S-3, 910-S-4, 911-S-008, 911-S-009),
- Cinq sphères pour butane (910-S-1, 910-S-2, 910-S-5, 911-S-006 et 911-S-007),
- Un réservoir cylindrique pour propane hors spécif. (910-H-4),
- Un réservoir cylindrique pour butane hors spécif. (910-H-3),
- Pompes pour l'exportation (910-P-1, 910-P-2),

- Pompes pour le retraitement hors spécif. (910-P-3, 910-P-011),
- Pompes pour le mélange en C4 (910-G-113),
- Compresseur (910-P-4),
- Séparateur (910-D-406).

De nouvelles lignes raccordées sur les lignes de transfert de propane/butane depuis la GP (Unité 300) ont été installées pour alimenter le nouveau stockage de GPL (U911). De nouvelles lignes en provenance de l'unité RFCC (U530) ont également été mises en place en parallèle pour alimenter les deux stockages U910 et U911.

Le schéma ci-après s'applique à la fois à l'alimentation des sphères de butane et de propane :



**Figure I.2 :** Alimentation des sphères de butane et de propane

Le transfert du propane et du butane vers les sphères de stockage de produit est une opération continue. Les produits en provenance de l'Unité 300 et de l'Unité 530 alimentent simultanément la même sphère pour maintenir la qualité constante du produit exporté.

Les installations d'exportation et de transfert sont situées dans la station de pompage existante (Unité 910) et restent inchangées après la réhabilitation de La raffinerie. De nouvelles lignes ont été prévues pour raccorder de nouvelles sphères sur les installations existantes d'exportation et de transfert.

**I.2. 1. Condition à la limite de la zone :**

Description	Conditions exploitation		Conditions de design	
	Pression(Bar)	Température (°C)	Pression(Bar)	Température (°C)
<b>Propane en provenance de l'usine de gaz (GP)</b>	13,0-17,9	38	29	65
<b>Propane en provenance du RFCC</b>	13,0-17,9	38	33.5	65
<b>Butane en provenance de l'usine de gaz (GP)</b>	4.5-7.1	38	17.4	65
<b>Butane en provenance du RFCC</b>	4.5-7.1	38	23	65
<b>Hors spécif. en provenance de U910/911</b>	14.1	AMB	38.3	65
<b>Propane en provenance d'U910/911</b>	24,5-46,9	AMB	49	65
<b>Butane en provenance D'U910/911</b>	22,4-33,3	AMB	49	65



**Figure I.3 :** Zone de stockage de GPL U911



**Figure I.4.** Sphère de stockage de butane 911-S-006

## I.2. 2. Equipements de contrôles, et de sécurité :

Les sphères de stockage sont munies notamment de :

- Le système comprend un élément de température avec indicateur DCS intégré au servo-instrument indicateur de niveau.
- Le système comprend un transmetteur de pression avec alarme de pression haute et indicateur DCS
- une vanne à commande à distance anti-feu (UZV) sur la ligne d'entrée, de sortie et de recirculation de liquides et de vapeur. La vanne UZV est équipée d'un dispositif de bouteille prévue pour au moins 3 opérations de la vanne UZV en cas de défaillance du circuit d'air pour les instruments.
- Un capteur de niveau très haut/très bas. A l'activation du capteur de niveau très haut/très bas, l'UZV d'entrée liquide se ferme/l'UZV de sortie liquide se ferme, tour à tour.
- deux soupapes de pression reliées à la torchère. Une des soupapes sera mise en ligne et l'autre constituera une pièce de rechange.



**Figure I.5 :** Vanne anti-feu de commande à distance.



**Figure I.6.** Soupape de sureté

D'autres mesures de prévention/protection sont présentes dans la zone de l'équipement :

- Détecteurs de gaz.
- Programme d'inspection.
- Détection de flamme qui déclenche le système de déluge eau.
- Moyens d'interventions mobiles (camion mixte, lances-canons, motopompes).
- Revêtement résistant au feu des supports de la sphère et de la demi-sphère (partie Inférieure).

### **I.2. 3. Arrêt d'urgence :**

Dans la configuration de la raffinerie avant le projet de réhabilitation, il n'existe pas d'arrêt d'urgence général pour l'unité 910. C'est à l'opérateur qu'il revient d'isoler manuellement la sphère.

L'arrêt d'urgence général est disponible dans l'unité 911 pour les quatre sphères. Chaque sphère de l'unité 911 est équipée d'un bouton poussoir d'arrêt d'urgence ESD sur la console câblée et sur le terrain pour fermer automatiquement les vannes UZV sur la ligne de remplissage, la ligne de sortie et la ligne d'équilibrage de la vapeur.

**CHAPITRE II**  
**Généralités sur le gaz de pétrole  
liquéfié « GPL »**

## II. Généralités sur le GPL

### Introduction :

L'usage des GPL est aujourd'hui largement répandu en raison de leur facilité de stockage et de transport. Leur distribution a débuté dans les bouteilles dès les années 30 et s'est étendue avec le développement du stockage en citernes (ou vrac) dans les années 60. Les GPL sont aujourd'hui largement exploités par les industriels mais aussi par les particuliers dans leurs activités itinérantes, grâce à leur avantage écologique, en n'émettant presque aucun carbone.

### II.1. Définition des GPL:

Le gaz de pétrole liquéfié ou GPL est un mélange gazeux d'hydrocarbures légers composé d'environ 80% de butane ( $C_4H_{10}$ ) et 20% de propane ( $C_3H_8$ ) (ce sont des hydrocarbures saturés) à température ambiante et pression atmosphérique, mais il peut être à l'état liquide, dès qu'on le soumet à l'une des conditions suivantes [8]:

- Pression relevée à la température ambiante.
- Pression atmosphérique et température basse.
- Pression modérée et température partiellement basse [9].

Cette propriété, leur confère l'avantage de manipuler et/ou d'emmagasiner une importante quantité d'énergie sous un très faible volume (1 litre de GPL liquide égal 250 litres de GPL gazeux), ce qui permet de le transporter plus facilement que pour les gaz non condensables (méthane, éthane) qui exigent des pressions très élevées pour pouvoir être liquéfiés à la température ambiante, et de le commercialiser aisément, dans des bouteilles en acier. La production de ce carburant est issue du raffinage du pétrole (40 % des ressources mondiales) et plus généralement du traitement du gaz naturel (60 % des ressources mondiales). Ainsi, les GPL existent aussi à l'état naturel. Dans le passé, les GPL étaient détruits par torchage (brûlage des gaz indésirables), gaspillant le potentiel de cette énergie exceptionnelle.

La composition chimique du GPL est variable selon les normes et ses utilisations dans différents pays (50% butane ,50% propane en France et 95% butane ,5% propane aux états- unis). Il peut contenir, le propylène, butène et une faible quantité de méthane( $CH_4$ ), éthylène, pentane ( $C_5H_{12}$ ), et exceptionnellement des hydrocarbures tels que le butadiène, l'acétylène et le méthylacrylique. Le propane et le butane commerciaux ne sont pas des produits purs mais des

mélanges, une séparation complète des molécules serait aussi coûteuse qu'inutile car la plupart des utilisations acceptent des mélanges [10].

## II.2- Origine du GPL:

Les gaz de pétrole liquéfié GPL sont extraits à partir de diverses sources:

**a- Dans les raffineries de pétrole :** Le processus de raffinage du pétrole est complexe et nécessite de nombreuses étapes :

- Soit au cours de la distillation du pétrole brut (le butane et le propane constituent entre 2 et 3 % de l'ensemble des produits obtenus ; ils constituent les coupes les plus légères issues de cette opération) [11] ;

- Soit pendant le craquage thermique ou reforming catalytique des produits en vue de

produire des essences.

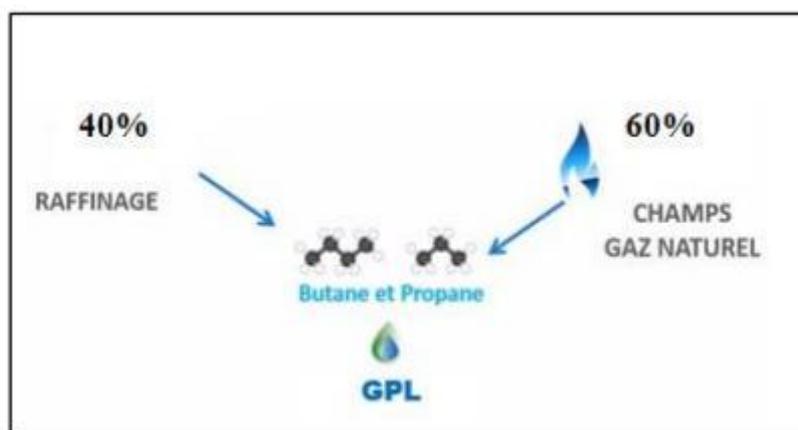


Figure II.1 : Origine du GPL [10].

**b- Au cours des opérations de dégazolinage du gaz naturel** qui ont pour but de séparer et de recueillir les condensats (propane, butane, essences légères etc...). Environ 3% d'un baril standard de pétrole brut est raffiné en GPL, alors que jusqu'à 40% du baril pourrait être converti en GPL.

Dans les unités de liquéfaction : En moyenne, un champ de gaz naturel fournit près de 90 % de méthane (CH<sub>4</sub>) mais aussi 5 % de propane et 5 % d'autres gaz dont le butane.

- À partir de la liquéfaction des gaz associés (champs pétroliers).

- Comme sous- produit à partir des unités de liquéfaction du gaz naturel GNL [10].

### II.3. Propriétés et caractéristiques du GPL :

#### II.3.1. Propriétés des produits commerciaux :

Le GPL aux conditions normales de pression et de température est un gaz plus lourd que l'air.

- Le butane commercial C4 est environ deux fois et demie plus lourd que l'air.
- Le GPL est immédiatement liquéfié sous pression, la densité du GPL liquide est approximativement la moitié de celle de l'eau.
- Une petite quantité de liquide peut générer une grande quantité de vapeur ; on constatera l'importance de la ventilation si l'on considère que un litre de liquide donne environ deux cent litres de gaz avec une concentration de 5% par volume avec l'air, ceci donnera 4 cm<sup>3</sup> de mélange inflammable gaz/air.
- Quand le GPL se vaporise laisse peu ou pas de résidus.
- Le GPL n'est pas corrosif vis-à-vis des aciers, généralement les précautions contre la corrosion sont nécessaires en cas d'utilisation d'aluminium ou d'alliages d'aluminium.

Les particularités physico-chimiques des GPL (tension de vapeur, poids spécifique, pouvoir calorifique, point d'ébullition, etc.) dépendent de leur teneur en divers hydrocarbures.

Tableau II.1: Caractéristiques des composants du GPL [13]

caractéristiques des composants du GPL								
	méthane	éthylène	éthane	propylène	propane	isobutane	butène	n butane
Formule chimique	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
Tension de vapeur à 10°C ; (kg/cm <sup>2</sup> )	370	45	32	7,7	6,2	1,3	1,7	1,5
Point d'ébullition à 760 mm Hg ; (°C)	-161,5	-103,7	- 88,5	- 47,7	- 42	- 11,7	- 6,2	- 0,5
Masse volumique ; (kg/litre)	0,3		0,37	0,52	0,51	0,56	0,6	0,58
Litres de gaz obtenus à partir d'un litre de liquide(L)	443	333,7	294,3	283,5	272,7	229,3	252,9	237,8
Poids spécifique du gaz à 15°C 760mm/Hg ; (kg/m <sup>3</sup> )	0,677	1,18	1,27	1,77	1,86	2,45	2,37	2,45
Pouvoir calorifique supérieur (kcal/kg)	13 288	12 028	12 417	11700	11 980	11 828	11 589	11 586
Nombre d'octane (Motor Method)	120	76	99	83	96	97	84	89

### II.3.1.1-Propriétés physiques :

Le GPL a la particularité de pouvoir être liquéfié à température ambiante, sous une faible pression (3 bars). À pression atmosphérique, il se liquéfie à une température de l'ordre de -30°C [12].

➤ **Tension de vapeur :**

C'est la pression à laquelle est maintenu un gaz à l'intérieur d'un récipient pour qu'il reste à l'état liquide. Le GPL soumis à des températures supérieures aux points d'ébullition du propane et du butane qui ne peuvent être amenés à l'état liquide que sous pression ou par réfrigération. Le GPL à une tension de vapeur à 20 °C égale à 2 bars pour le butane et à 8 bars pour le propane. À noter que plus la température est élevée plus la pression augmente.

➤ **Densité :**

À l'état gazeux, le GPL est plus lourd que l'air ; la densité du propane égale à 0.51 et celle du butane égale à 0.58.

➤ **Expansion (Dilatation) :**

À l'état liquide, le GPL a un coefficient de dilatation important dont il faut tenir compte lors de son stockage, car les sphères ne doivent jamais être remplies complètement. La dilatation du GPL est d'environ 0.25% par degré Celsius.

➤ **Température d'ébullition :**

À la pression atmosphérique, la température d'ébullition du butane est de  $-1^{\circ}\text{C}$  et celle du propane est de  $-40^{\circ}\text{C}$ . À toute température inférieure à celle-ci, le butane et le propane sont à l'état liquide.

➤ **Pouvoir calorifique :**

Le GPL a un pouvoir calorifique élevé.

-Propane 12200 k cal/Nm<sup>3</sup> .

-Butane 11800 k cal /Nm<sup>3</sup> .

- ❖ Le GPL est non corrosif de l'acier mais l'est habituellement pour l'aluminium, le cuivre et ses alliages.
- ❖ Le GPL n'a pas de propriétés lubrifiantes et ceci doit être pris en considération lors du dimensionnement et de conception des équipements pour GPL (compresseurs et pompes).
- ❖ Inflammable dans des limites relativement faibles.
- ❖ Etat gazeux à la température ambiante.
  
- ❖ Ses caractéristiques physiques confèrent à cette énergie un avantage certain du point de vue du stockage et du transport.
- ❖ Le GPL est aussi caractérisé par un indice d'octane recherché (RON) naturellement élevé atteignant aisément 98. Cette propriété découle en fait directement des valeurs de RON de chacun de ses constituants. Par ailleurs, son indice d'octane moteur (MON) est lui aussi légèrement plus élevé que celui des essences classiques [8].

### II.3.2 Spécifications des produits finis :

PRODUITS	GPL	BUTANE	PROPANE
C1 et C2 (% mole)	< 3	Traces	5.1 max.
C3 (% mole)		22.1 +/- 9	94.5 min.
C4 (% mole)		76.4 +/- 9	0.4 max.
C5 (% mole)	< 0.4	1.5 max.	-

### II.3.3. Caractéristiques du GPL:

- **Indication des dangers:** gaz liquéfié extrêmement inflammable.
- **Gelures provoquées par le GPL :** Le GPL, lorsqu'il se répend sous sa forme liquide, hors d'un container sous pression, il s'évapore en produisant du froid : au contact de la peau, il provoque des brûlures caractéristiques appelées "brûlures froides". S'il y a risque de contact l'utilisateur devra faire usage de lunette, gants ou toute autre revêtement de protection.
- **Couleur et odeur :** Le GPL est inodore à l'état naturel, mais on doit ajouter un odorant, ce sont des composés sulfures tel que le diéthylmercaptan ou le diméthylsulfide pour des raisons de sécurité.

Le GPL est incolore, soit à l'état vapeur ou liquide. À l'état naturel, le GPL est inodore. Il peut donner, au contact de l'air, des mélanges explosifs ; pour des raisons de sécurité un odorant doit être ajouté. Cet odorant est à base de sulfures appelés Mercaptans. Le GPL que l'on trouve dans le commerce contient un additif odorant à base de soufre, afin de faciliter la détection des fuites.

L'odeur permet de signaler l'existence d'une fuite qui est recherchée avec un produit moussant, jamais avec une flamme.

- **Toxicité :** Les GPL ne sont pas vraiment toxiques. Ils présentent tout au plus un léger pouvoir anesthésiant, s'ils sont inhalés longuement ils peuvent provoquer des migraines et des maux d'estomac, ne présentant aucun danger d'empoisonnement.

- **Dilatation :** A l'état liquide, les GPL ont un haut coefficient de dilatation, ils se dilatent de 0,25% par degré de température dont il faut tenir compte lors de leur stockage dans les récipients que le remplissage ne doit jamais être dépassé au maximum 85% de sa capacité.
- **Réactivité :** Le propane et le butane sont chimiquement réactifs et ils peuvent détériorer certains caoutchoucs naturels ou certaines matières plastiques. Il est donné primordial de n'utiliser que des accessoires et des équipements spécialement congrus pour ces gaz.

#### II.4. Stockage du GPL :

Il est indispensable de penser, d'ores et déjà, à la valorisation des excédents de GPL pour ne pas avoir à les torcher ; il faut prévoir des moyens efficaces pour le stockage.

**Problématique :** Une extension de la capacité de stockage en surface pour recevoir de grandes quantités de GPL excédentaires est à écarter à cause de ses coûts élevés et l'incertitude des quantités de GPL à stocker, quant aux techniques de stockage souterrain en usage actuellement dans le monde, elles peuvent apparaître difficiles à envisager à cause des investissements élevés qu'elles requièrent.

Certains experts de SONATRACH proposent un procédé de stockage qui consiste à réinjecter le GPL sous forme liquide au sein même du gisement du gaz où il est produit à l'aide d'un ou plusieurs puits injecteurs de GPL liquide et possibilité de stocker de grands volumes de GPL avec un investissement minime en plus de la possibilité de déstocker à n'importe quel moment. La distribution des GPL a débuté dans des bouteilles dès les années 1930 et s'est étendue avec le développement du stockage dans les récipients en acier ou en aluminium de capacité pouvant varier de 150 g à 3000 T dans les années 1960.

**-Types de stockage :** le GPL est stocké en utilisant plusieurs techniques [14] :

- Stockage sous pression : le GPL est stocké à l'état liquide sous pression de 14 à 14,5 bars à la température ambiante et cette pression est maintenue avec fuel gaz ,dans le but d'éviter la perte des vapeurs de GPL qui se dégagent par ébullition et ce qui permet d'avoir un volume plus réduit (plus de 250 fois). Les réservoirs utilisés pour le stockage sont sous formes sphérique ou bien cylindrique à axe horizontal (cigare) à

des capacités différentes, revêtus d'une peinture qui réfléchit la chaleur et munis d'une soupape de sécurité.

- Stockage réfrigéré : sous pression où les gaz liquéfiés sont stockés à des températures voisines ou inférieures à 0°C, cela permet une réduction importante de la pression de stockage c'est le cas des produits volatils (ex : propylène, butadiène stocké à 0°C et 4,5 bars).
- Stockage cryogénique : pour les gaz incondensables à la température ambiante. La pression de stockage est légèrement supérieure à la pression atmosphérique, la température est alors voisine de la température normale d'ébullition du produit.

### II.5-Risques et sécurité des GPL :

Les GPL peuvent constituer une source de danger dans la mesure où les précautions suivantes n'ont pas été prises en considération :

- Les GPL peuvent présenter un risque d'incendie dès qu'une fuite se produit ou dès que le gaz s'échappe dans l'atmosphère.
- Les GPL ne sont jamais remplis dans les réservoirs à plus de 85 % (15% du réservoir est réservé pour la dilatation).
- Les GPL étant plus lourds que l'air, ils risquent, en cas de fuite, de s'accumuler au niveau du sol et dans les parties basses, comme les caves. Cela entraîne un danger d'explosion lorsque l'accumulation permet un mélange GPL/air adéquat et qu'il y a une source d'inflammation. Cela entraîne également un danger d'asphyxie, les GPL remplaçant l'air et diminuant donc la concentration en oxygène. Donc il faut éviter les cavités, il faut aérer et ventiler les endroits pollués
- Ils ont une viscosité faible, ceci augmente les fuites, donc il faut éviter au maximum les assemblages non soudés.
- Purger les canalisations de liquide après dépotage afin d'éviter les risques de rupture des réservoirs s'ils sont remplis [14].
- Les GPL liquide par évaporation peuvent causer des brûlures.
- La dissipation de gaz est lente, il faut aérer.
- La limite inférieure d'inflammabilité du gaz est environ de 2% de gaz dans l'air et le mélange devient inflammable en cas de fuite.

- Pour faciliter la détection des fuites, un gaz odorant est ajouté aux gaz (naturel ou GPL) : cette odeur caractéristique "d'œuf pourri" permet de détecter à l'odeur une concentration de gaz dans l'air très inférieure à la limite inférieure d'explosibilité.
  
- Une série d'accidents impliquant des véhicules au GPL motivent un changement de réglementation rendant obligatoire l'installation d'une soupape de sécurité et d'un clapet anti-retour sur les réservoirs de GPL, pour en éviter l'explosion en cas de feu.
  
- Toutes les installations subissent des contrôles réguliers, notamment réalisés par les DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, l'Aménagement et du Logement). L'installation des réservoirs de GPL doit respecter des règles de distances de sécurité vis-à-vis des habitations et de la voie publique, d'entretien de l'environnement autour du réservoir.
  
- Des mesures de sûreté doivent être également prises par les usagers afin d'éviter tout risque. Les bouteilles de GPL doivent en particulier être placées bien droites verticalement et de façon stable à plus d'un mètre des ouvertures d'un bâtiment et sur un sol incombustible, c'est-à-dire exempt de papiers, chiffons, essences, herbes sèches et de tout autre produit facilitant un départ de feu [11].

## **CHAPITRE III**

# **Phénomènes dangereux et effets thermiques associés**

### III. Phénomènes dangereux et les effets thermiques associés :

La description des phénomènes dangereux et des effets qui leur sont associés a mis en évidence les critères importants à retenir pour la caractérisation de la vulnérabilité. La cinétique du phénomène doit lui aussi être prise en compte.

L'historique des phénomènes dangereux montre qu'ils ont de grands effets sur l'être humain et l'environnement et surtout dans les pays sous-développé, En Algérie, on a les accidents de 2004 et 2005 à SKIKDA, 2006 Gassi Touil à Hassi Messaoud, qui ont provoqué des dégâts humains et matériels.

Ce chapitre traite les phénomènes dangereux, leur origine, leur effets afin de les comprendre pour éviter leur survenue.

#### III .1. Phénomènes instantanés :

Les phénomènes dangereux susceptibles de produire d'importants effets thermiques et dont la durée est considérée comme instantanée sont les suivants :

- UVCE (Unconfined Vapour cloud Explosion)
- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)
- Boil Over Origine, leur effet afin de les comprendre pour éviter leur survenue.

##### III.1.1. UVCE :

###### ❖ Description du phénomène :

Suite à une fuite de gaz combustible dans un environnement non confiné, un nuage formé d'un mélange d'air et de gaz combustible se forme. Lorsque ce mélange atteint les critères d'explosibilité (teneurs en combustible et en oxygène comprises dans le domaine d'inflammabilité) et rencontre une source d'allumage, il explose. Un front de flamme se propage associé à l'expansion des gaz brûlés qui agissent sur les gaz frais environnant à la manière d'un piston pouvant donner lieu à une onde de pression aérienne (déflagration).

###### ❖ Origines :

- Fuite d'un gaz combustible liquéfié.
- Évaporation d'une flaque de liquide inflammable.

Une très faible énergie suffit pour initier l'explosion. Par ailleurs, l'allumage peut être différé dans le temps et par conséquent se produire à une certaine distance du lieu de la fuite

**Un UVCE génère plusieurs effets :**

- 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.
- Des effets de pression plus ou moins importants suivant l'encombrement du lieu de l'accident.

**Les conséquences de l'UVCE dépendent de :**

- La masse de gaz combustible concerné, c'est à dire du volume du nuage.
- La composition du nuage de gaz.
- L'encombrement de l'espace.

De manière générale, l'effet thermique d'un UVCE sur les structures se limite à des dégâts superficiels (déformation des plastiques, décollement des peintures,...), et, éventuellement, à une fragilisation possible de certaines structures métalliques légères. En revanche, l'UVCE peut être initiateur d'un incendie, ou être suivi d'un feu-torche, dont les effets thermiques sont à redouter.

**III.1.2.Boilover :**

Un Boilover est un phénomène de moussage brutal impliquant des réservoirs atmosphériques et résultant de la transformation en vapeur, d'eau liquide (fond d'eau, eau libre, émulsion) contenue dans un réservoir en feu.

Ce phénomène est à l'origine de violentes projections de combustible, du bouillonnement du contenu du bac, de l'extension des flammes et de la formation d'une boule de feu [15].



**Figure III. 1:** Boilover, accident de Skikda 2005.

On peut noter qu'à ce moment de leur intervention, les services de secours ne luttent pas directement contre l'incendie mais tentent de limiter son extension, afin de protéger les cuves encore intactes [16].

❖ **Origines :**

- Présence d'eau dans le réservoir (teneur en eau de l'hydrocarbure, pénétration de l'eau de pluie au travers des événements, condensation sur les parois internes, introduction d'eaux d'extinction)
- Incendie prolongé en partie supérieure.
- Propagation d'une onde de chaleur.
- Vaporisation de l'eau ( $1 \text{ m}^3 \text{ d'eau} \sim 1600 \text{ à } 2000 \text{ m}^3 \text{ de vapeur}$ ).

**Un BoilOver génère plusieurs effets :**

- Une explosion (rupture de la capacité).
- Une éjection de liquide en émulsion et en feu. (Extension de l'incendie).
- Une boule de feu avec ses retombées (effets thermiques).

### **III.1.3. BLEVE :**

**Traduction du mot BLEVE :**

B.L.E.V.E. est l'abréviation anglaise de « Boiling Liquide Vapor Explosion » qui pourrait être traduit en français par « Explosion de vapeur en expansion d'un liquide en ébullition ».

❖ **Définition d'un BLEVE :**

Le BLEVE peut être défini comme une 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. Le BLEVE peut survenir avec tout liquide, inflammable ou non, lorsqu'il est chauffé et contraint dans une enceinte fermée. Il peut être distingué deux types de BLEVE, le BLEVE froid et le BLEVE chaud en fonction des caractéristiques de l'explosion.



**Figure III.2 :** Phénomène du BLEVE.

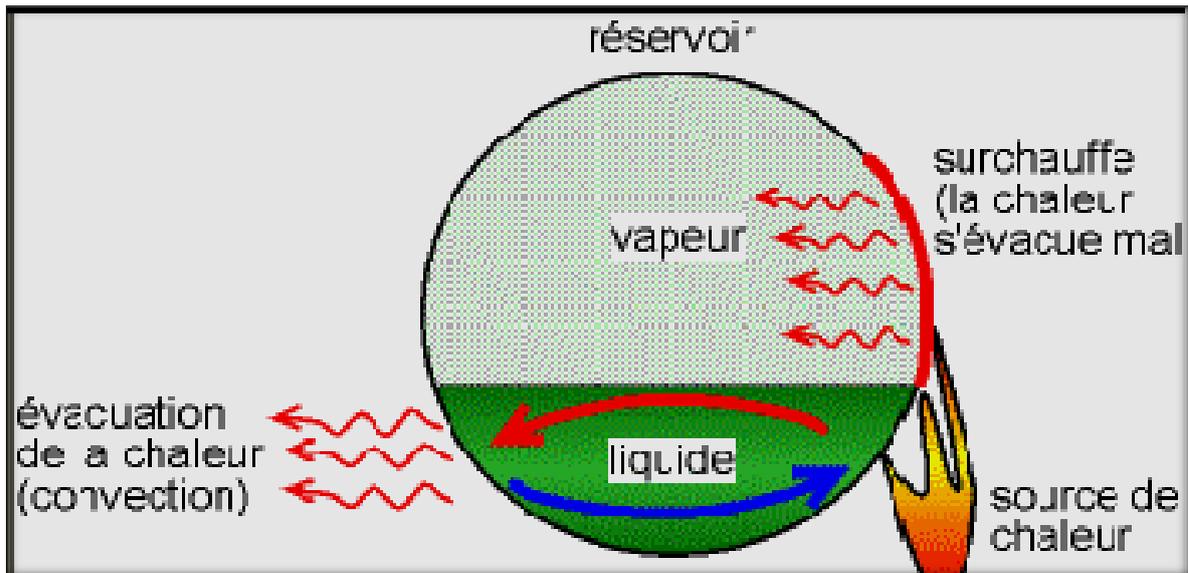
Tous les stockages de gaz liquéfiés sous pression sont susceptibles d'être le siège d'un BLEVE. En effet, le BLEVE est associé avant tout à un changement d'état à caractère explosif, et non à une réaction de combustion. Aussi, il n'est pas nécessaire que le produit concerné soit inflammable pour parler de BLEVE [17].

❖ **Processus et conditions d'apparition :**

Dans les cas les plus graves, la rupture du réservoir est due à un échauffement par un feu extérieur, par exemple lorsqu'une mare de produit enflammé se reprend sous le réservoir, par un jet de feu provenant d'un réservoir voisin, ou bien lorsque des flammes viennent lécher les parois du réservoir. Sous l'effet de la chaleur, le liquide dans le réservoir se met à bouillir, la pression dans le réservoir augmente ; le gaz s'échappe alors par une valve de surpression (soupape de sécurité), pouvant produire à cette occasion un jet de feu. Le niveau de liquide baisse donc dans le réservoir.

Le gaz conduisant bien moins la chaleur que le liquide, la partie de la paroi du réservoir qui se trouve au-dessus du liquide s'échauffe de manière très importante (dans la partie basse, la chaleur de la paroi est évacuée de l'autre côté par la convection du liquide). La paroi surchauffée s'affaiblit, puis finit par se rompre, provoquant l'accident.

On voit que par rapport au cas précédent, c'est la soupape qui joue le rôle de la fissure initiale. Il ne faut pas en déduire que la soupape a un rôle néfaste, bien au contraire : comme la température monte, la pression monte de toutes manières, la soupape permet de retarder l'accident et de laisser plus de temps aux secours pour évacuer et combattre le sinistre. Elle peut même empêcher l'explosion.

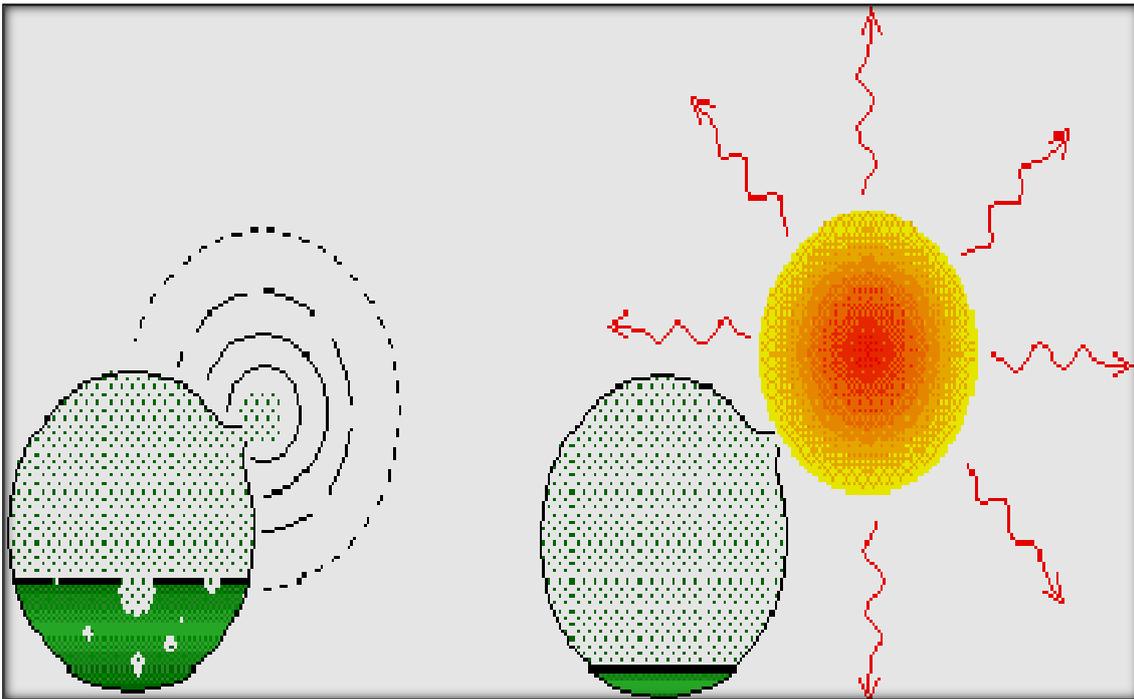


**Figure III.3:** Mécanisme de surchauffe et de rupture du réservoir [18]

Lorsque la paroi se rompt, il y a:

- Onde de surpression, dues 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.

Notons aussi qu'avant la rupture du réservoir, il n'y a que du gaz dedans et pas d'air, il n'y a donc pas de combustion dans le réservoir ; le gaz ne brûle donc qu'après être sorti. Si le gaz n'est pas combustible, on aura juste l'onde de pression provoquée lors de la rupture du réservoir, et un jet de gaz brûlant.



**Figure III.4 :** Cas d'une rupture du réservoir - ondes de surpression avec projection de débris par un mélange gaz/air avec rayonnement intense de chaleur [19]

#### ❖ Les causes d'un BLEVE :

Trois principales causes du BLEVE ont été identifiées, dont deux sont liées à des agressions externes :

- un impact mécanique ;
- une agression thermique (feu torche ou feu de nappe) ;
- le sur remplissage du réservoir.

#### III.2. Phénomènes continus :

Contrairement aux phénomènes décrits ci-dessus, certains phénomènes sont caractérisés par une durée pouvant aller de quelques minutes à quelques heures, voire plusieurs jours dans certains cas :

- Feu torche.
- Feu de nappe.
- Feu de matériaux solide (stockage en entrepôt ou externe).

### III.2.1. Feu de torche :

#### ❖ Description du phénomène :

Dans l'environnement industriel, les feux de torche appelés également feux chalumeau peuvent survenir suite à des fuites accidentelles de fluides inflammables ou à des évacuations intentionnelles de sous-produits par l'intermédiaire de torchères.

#### ❖ Origines :

Le phénomène de feu de torche a pour origine un rejet de fluides combustibles, généralement à l'état gazeux, qui s'enflamme :

- Spontanément si sa température est suffisamment élevée.
- En raison de points chauds.
- Par démarrage d'un véhicule situé à proximité (étincelle).
- Par action de la foudre.

Afin de se prémunir de tels événements, il est important de pouvoir prévoir et évaluer les conséquences associées aux feux torche. Pour ce faire, il est notamment nécessaire d'estimer les caractéristiques géométriques de la flamme et de déterminer le flux radiatif émis par la flamme pouvant aller jusqu'à 300 kW/m<sup>2</sup>.

#### ❖ Les conséquences d'une feu torche :

Parmi les conséquences les plus critiques, il convient de citer des pertes humaines (ouvriers, conducteurs de camions...) et matérielles (effets dominos) pouvant entraîner également une perte de production, et plus grave une propagation à d'autres installations.

### III.2.2. Feu de nappe :

#### ❖ Description du phénomène :

Le feu de nappe résulte de la présence simultanée d'une nappe de liquide inflammable portée à une température supérieure à son point éclair et d'un point chaud (étincelle, flamme nue, métal incandescent, etc).

#### ❖ Origines :

La nappe de liquide inflammable résulte fréquemment d'une fuite, plus ou moins importante. Il est à noter que le point chaud, s'il est maintenu suffisamment longtemps, peut initier l'incendie d'un liquide dont la température est inférieure au point éclair : le point chaud en lui-même peut

porter localement le liquide à une température supérieure à son point éclair, démarrer l'incendie qui se généralise ensuite à toute la nappe.

#### ❖ Conséquences d'un feu de nappe :

L'impact d'un feu de nappe dépend de la taille de la surface en feu, du produit qui se consume et de la durée de l'incendie. De manière générale, les principales conséquences observées de sont la pollution des eaux de surface ainsi que la contamination des sols, voire des eaux souterraines, plus rarement, des blessés ou des morts. Les effets thermiques observés dépendront de la taille de la nappe ainsi que du combustible.

### III. 3. Caractéristiques des phénomènes dangereux :

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques des phénomènes présentés ci-dessus :

**Tableau. III.1:** Synthèse des caractéristiques des phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un aléa thermique

Phénomène dangereux	Délai d'occurrence	Durée de montée En puissance jusqu'à son Etat stationnaire	Effets recherchés (Pression, Thermique, Toxique, Missile)	Émissivité de La source (ordre de grandeur)
UVCE	Plusieurs secondes à 2 - 3 minutes (formation du Nuage à la LIE)	Quelques millisecondes (inflammation du nuage)	P, TH	150 kW/m <sup>2</sup> à 300 kW/m <sup>2</sup>
BLEVE "chaud"	Immédiat dès la rupture de la citerne	Plusieurs secondes (expansion de la boule de feu et combustion de la boule de feu)	TH, P, M	100 kW/m <sup>2</sup> à 150 kW/m <sup>2</sup>
BOILOVER	immédiat dès que l'eau s'évapore	Plusieurs minutes à heures	TH, TOX	150 kW/m <sup>2</sup> à 300 kW/m <sup>2</sup>
Feu de Torche	immédiat dès l'inflammation du produit	Plusieurs minutes à heures	TH, TOX	25 à 200 kW/m <sup>2</sup>
Feu de nappe	immédiat dès l'inflammation du produit	Plusieurs minutes à heures	TH, TOX	30 kW/m <sup>2</sup> à 100 kW/m <sup>2</sup>

Le tableau III .2 ci-dessous représente l'émittance moyenne en fonction des combustibles.

Il est à noter également que l'émissivité varie également en fonction du diamètre du foyer et que les valeurs ci-dessous n'incluent pas des valeurs pour des foyers de diamètre inférieurs à 3m.

**Tableau. III .2** : Émittances moyennes de certains liquides inflammables

COMBUSTIBLE	ÉMITTANCES MOYENNE (KW/ M <sup>2</sup> )
<b>GNL</b>	120 à 160
<b>GPL</b>	50 à 80
<b>KÉROSÈNE</b>	35 à 130
<b>PÉTROLE BRUT</b>	25 à 60

### **Conclusion :**

Dans le cadre d'évaluation des risques, il convient de considérer que chacun des phénomènes décrits dans ce chapitre peut en générer un ou plusieurs autres. En particulier, des phénomènes générant une surpression ou une projection de missiles peuvent entraîner des fuites, déformations ou destructions nécessaires à un autre phénomène. De même, tout incendie ou flux thermique peut fournir l'énergie nécessaire à l'activation d'un autre phénomène dangereux susceptible de conduire à des effets thermiques durant plusieurs heures, voire plusieurs jours.

Par conséquent, il apparaît indispensable de considérer pour le cas de phénomènes dangereux continus :

- d'une part, un aléa thermique limité dans le temps imposant une mise en protection du bâtiment pour une certaine durée.
- et d'autre part un aléa thermique susceptible de durer plusieurs jours pour une mise en protection permanente du bâtiment.

Le cas des phénomènes instantanés où l'impact est plus intense mais de très courte durée, sera traité à partir d'une analyse de la durée d'atteinte des critères définis pour la caractérisation du bâti dans le cas de phénomènes continus.

**PARTIE**  
**EXPERIMENTALE**

# **CHAPITRE I**

## **Application du logiciel de simulation PHAST**

## I- Application de logiciel PHAST7.2:

### I.1 Hypothèses générales pour la modélisation :

#### I.1.1.Présentation du logiciel de simulation PHAST :

PHAST est un logiciel qui a été développé et mis à jour par DNV pour évaluer les conséquences des fuites de gaz, des incendies, des explosions, de la toxicité et des autres dangers technologiques reliés à diverses industries.

Le logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool), est un outil complet d'analyse des risques d'une installation industrielle. PHAST simule l'évolution d'un rejet accidentel d'un produit toxique et/ou inflammable, depuis la fuite initiale jusqu'à la dispersion atmosphérique en champ lointain, incluant la modélisation de l'épandage et de l'évaporation de flaque.

PHAST est capable de modéliser les scénarios de rejets à partir des divers termes sources (fuite sur la paroi d'un réservoir, rupture d'une canalisation, ...) qui sont ensuite combinés avec le modèle de dispersion de PHAST de type intégral, appelé Unified Dispersion Model (UDM), pour obtenir par exemple : les distances de sécurité correspondant aux seuils toxiques et l'empreinte du nuage au Sol à un instant donné.

#### I.1.2 Conditions atmosphériques

Les conditions atmosphériques retenues pour les modélisations des scénarios ayant lieu sur la raffinerie d'Alger sont les suivantes :

**Tableau I.1:** Conditions atmosphériques retenues pour les modélisations.

Condition	5D
Stabilité	Classe d (neutre)
Vitesse de vent	5m/s
Température extérieur	20 C
Température du sol	20 C
Flux solaire	0,5 kW/m <sup>2</sup>
Humidité relative	70 %
Paramètre de rugosité	0.17

La classe de stabilité « D », représentative des conditions qualifiées de « Neutre » rencontrées plutôt de jour. Ces conditions ne sont compatibles qu'avec des vents de vitesse supérieure ou égale à 5 m/s.

### I.1.3.Substances utilisées :

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

- Choisir le composant dominant dans le mélange et modéliser la substance uniquement avec composant;
- Choisir le composant dominant dans le mélange et ajuster ses propriétés physiques afin de prendre en compte l'effet des autres composants.

Pour l'ensemble des mélanges étudiés dans cette étude, un composé pur a été sélectionné pour représenter les mélanges. Le composé a été choisi pour se rapprocher au plus des propriétés physiques, chimiques, inflammables et toxicologiques du mélange représenté.

### I.1.4.Seuils de référence pour les effets thermiques :

Pour les effets thermiques, les seuils retenus sont les suivants :

**Tableau I.2 :** Description des seuils d'effets thermiques

Seuil	Définition
<b>2.5kW/m<sup>2</sup></b> <b>SEI</b>	Effets sur l'homme : L'accident peut affecter des personnes sensibles ou non averties
<b>6.4 kW/m<sup>2</sup></b> <b>SEL1%</b>	Conséquences graves, directes ou indirectes, immédiate ou à long Terme
<b>8 kW/m<sup>2</sup></b> <b>Domino</b>	Effets sur les structures : Dégâts aux installations non protégées
<b>10 kW/ m<sup>2</sup></b>	1% de fatalité après 20s pour des personnes non protégées
<b>16 kW/m<sup>2</sup></b> <b>Effets Domino</b>	Effets sur les structures : Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors béton
<b>20 kW/m<sup>2</sup></b> <b>effets domino</b>	Effets sur les structures : Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures

	et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton
--	--

Les seuils d'exposition pour les effets thermiques sur l'homme ont été déterminés en considérant une exposition de 20 secondes. Pour des boules de feu ayant une durée inférieure à 20 secondes.

### I.1.5. Seuils de références pour les effets de surpression :

Pour les effets de surpression, les seuils retenus sont les suivants :

**Tableau I.3** : Description des seuils des effets de surpression

Seuil	Définition
<b>20mbar</b> <b>SEI indirect</b>	Pour l'homme: Dommages graves
<b>50 mbar</b> <b>SEI</b>	Damages irréversible ou létaux
<b>160 mbar</b> <b>SEL1%</b>	Premiers dégâts aux structures (effet domino)
<b>200 mbar</b> <b>Domino</b> <b>SEL5%</b>	Effets sur les structures : Seuil des effets domino Effets sur l'homme : Seuil des Effets Létaux à 5% : dangers très graves pour la vie humaine

## I.2. Modélisation des effets du phénomène BLEVE par PHAST 7.2 :

### I.2.1. Identification du phénomène dangereux (par méthode HAZOP) :

Le but d'une étude HAZOP/ est tout d'abord d'identifier les risques associés à une sphère de butane. L'objectif principal de cette analyse est l'identification des scénarios d'accidents majeurs.

Cette identification découle de l'identification des risques. Un objectif secondaire est la formulation de recommandations permettant de garantir un niveau de risques acceptables.

Dans notre étude, on va utiliser, la méthode HAZOP, pour identifier les causes et les conséquences possibles, Les dérives des paramètres de fonctionnement de la sphère, et la réaction de différentes barrières de sécurité pour la maîtrise des risques liés à l'exploitation.

**Tableau I.4 :** Identification du phénomène dangereux (par la méthode HAZOP)  
sur la sphère de stockage de butane

<b>Equipement : sphère de stockage de butane</b>						
<b>N° du dessin (PID) : 911-S-006</b>						
<b>Paramètre</b>	<b>Mot guide</b>	<b>Déviaton</b>	<b>Causes possible</b>	<b>Conséquences</b>	<b>Sécurité existantes</b>	<b>Recommandation</b>
Pression	Plus de	Plus de Pression	- remplissage non contrôlé - défaillance de capteur de niveau très haut -défaillance de la vanne UZV d'entrée (bloquée ouverte) -défaillance de transmetteur de pression et l'alarme -absence de l'opérateur	- Haute pression au niveau de S-6-920 -Survenance susceptible d'un BLEVE	-Un capteur de niveau très haut -la vanne UZV -un transmetteur de pression avec alarme de pression haute	
			-Feu extérieur a proximité de la sphère S-6-920	-surpression excessive au niveau de la sphère S-6-911 -Risque de BLEVE Possible avec nombreuses fatalités. -Pollution environnementale. -possibilité d'incendie/explosion dans les 3 autres sphères	décompression de la sphère vers torche via les soupapes PSV0003A ou PSV0003B -système de déluge quadrillage -Equipe d'intervention sur site. -PII	

### I.2.2. Caractéristiques du terme source :

Le logiciel PHAST peut modéliser différents types du terme source, et dans notre cas nous avons utilisé le type «BLEVE » caractérisé par les paramètres présentés dans le tableau suivant :

**Tableau I.5. :** Les paramètres de la sphère 911-S-006

PARAMÈTRES	VALEURS
Volume de la sphère	2500m <sup>3</sup>
Taux de remplissage	100%
Nom de la sphère	911-S-006
Température de la sphère	38°c
Température ambiant	20°c
Pression de tarage de la soupape	7 bars
Pression dans la sphère	6.8 bar
Composition du produit	butane
Hauteur de la sphère	17.5 m

# **CHAPITRE II**

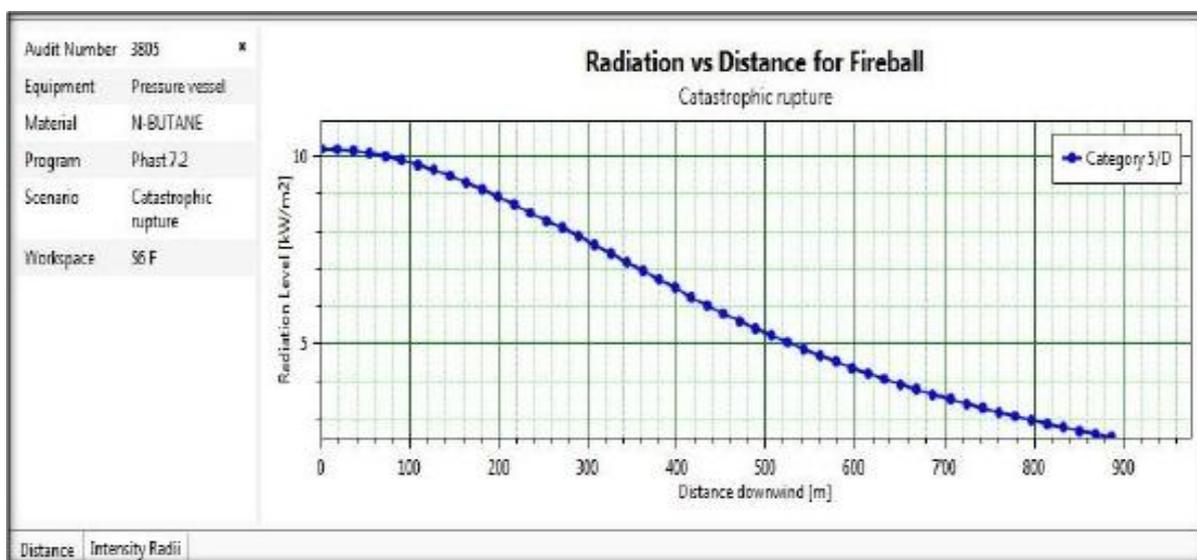
## **Résultats et discussion**

## II. Résultats et discussion :

PHAST calcule automatiquement les différentes étapes (formation éventuelle d'une flaque, dispersion des vapeurs, ...) propres au déroulement d'un accident type.

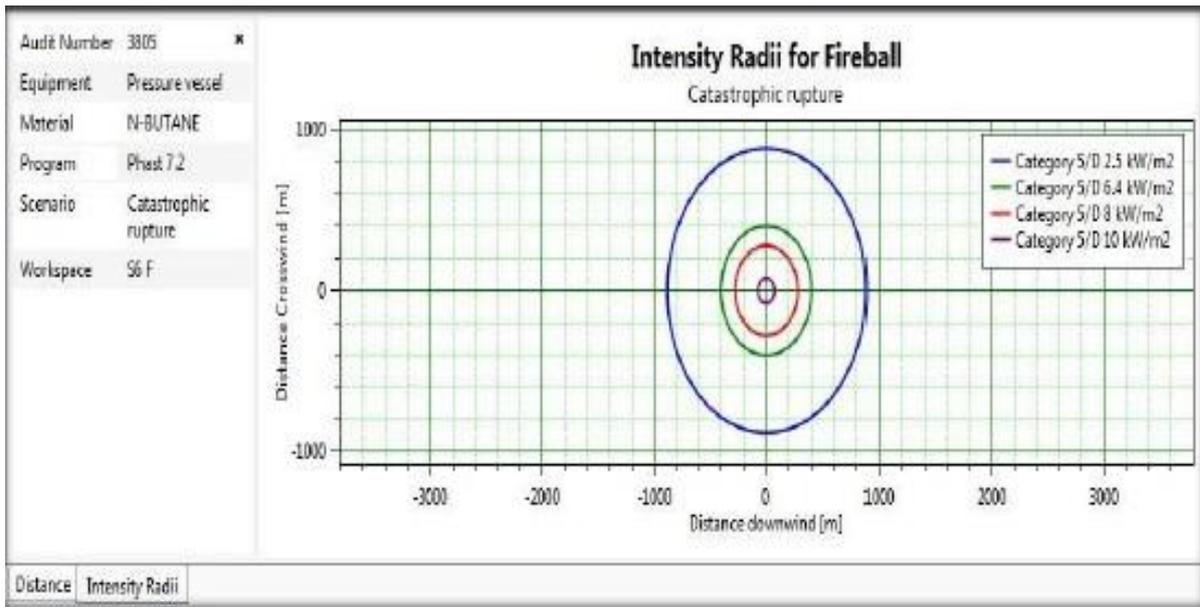
PHAST utilise les propriétés thermodynamiques issues de la banque de donnée DIPPR (Design Institute for Physical Properties) des produits et il détermine lui-même, en fonction des conditions de pression et de température, les caractéristiques d'écoulement du fluide ; que ce soit un débit liquide, gazeux ou diphasique.

### II.1. Modélisation des effets thermiques :



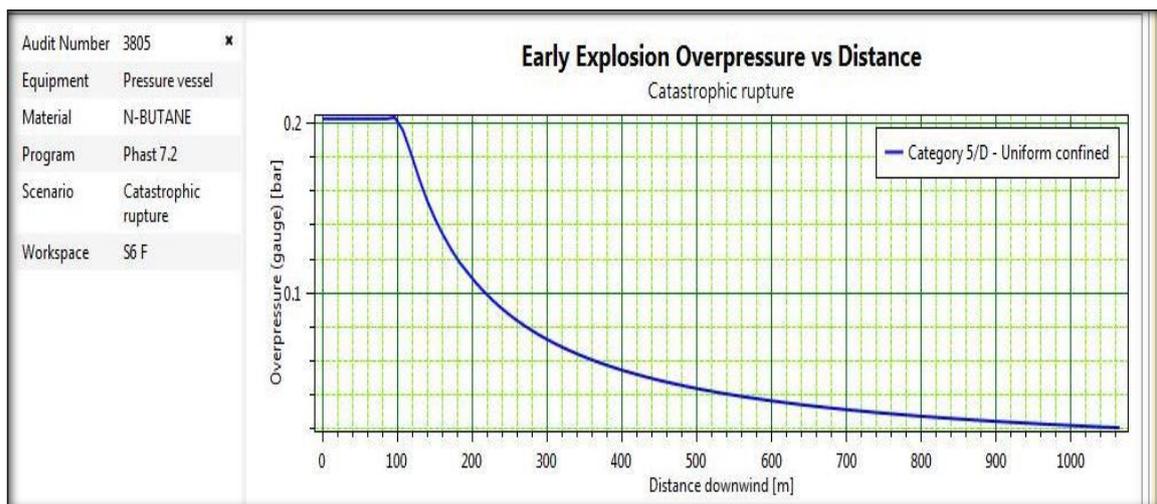
**Figure II.1** : Niveau de propagation de la radiation.

La figure ci-dessus indique le niveau de propagation de la radiation pour le BLEVE en fonction de distance et en fonction de la direction du vent. On remarque qu'il y a une rapidité visuelle pour l'augmentation de niveau de la radiation qu'elle peut atteindre à une valeur maximale qui est [10kW/m<sup>2</sup>] pour le début d'accident. Aussi nous remarquons que, le niveau de la propagation de radiation est diminué à une valeur minimale [2.5kW/m<sup>2</sup>] en fonction de distance [886 m]. D'après ces résultats on conclut que les radiations thermiques atteignent à une distance de 886 mètre par rapport à la source de l'accident, alors la distance de sécurité commence à partir de cette valeur.



**Figure II.2** représente les distances d'impact pour chaque radiation thermique. Les distances correspondantes à chaque radiation thermique sont les suivantes :

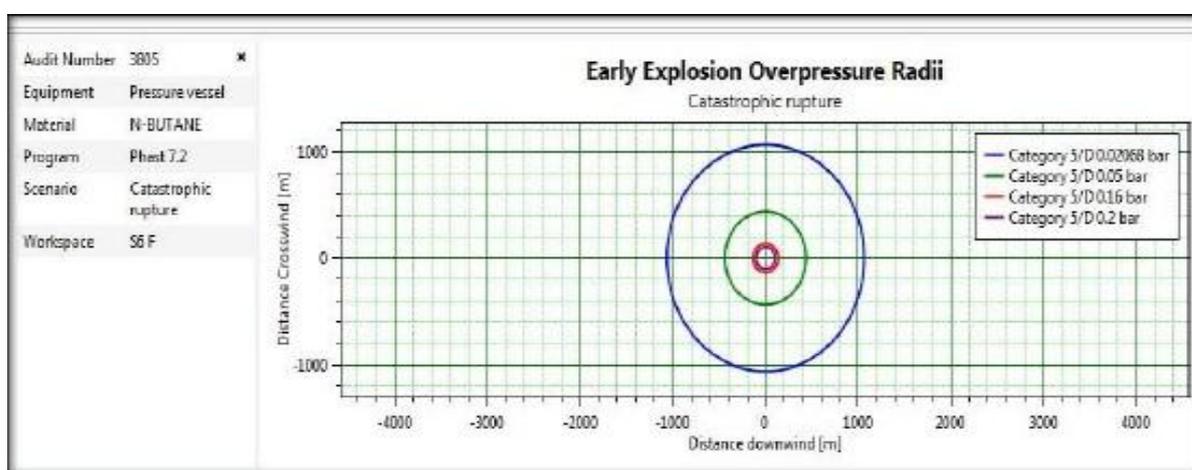
- [10kW/m<sup>2</sup>] la radiation peut atteindre à une distance de 76 m à partir de centre.
- [8kW/m<sup>2</sup>] la radiation peut atteindre à une distance de 280 m à partir de centre.
- [6.4kW/m<sup>2</sup>] la radiation peut atteindre à une distance de 404 m à partir de centre.
- [2.5kW/m<sup>2</sup>] la radiation peut atteindre à une distance de 886 m à partir de centre.



**Figure II.3:** la surpression d'explosion.

## II.2.Modélisation des effets de surpression :

Selon l'allure de la courbe présentée dans la figure ci-dessus et qui représente la surpression d'explosion en fonction de la distance. On nous constatons que la surpression d'explosion atteint leur valeur maximale qui est 0,20bar au début d'accident. Ensuite on remarque Puis nous avons enregistré une diminution de la surpression d'explosion jusqu'à [0,020bar] dont la distance [1064m]. Pour une libération continue, la forme de la courbe reste constante, la surpression d'explosion atteint à leur la valeur minimale qui est [0.020bar].



**Figure II.4:** Représente les effets de surpression.

La figure ci-dessus montre que les effets de surpression peuvent toucher la zone à une distance approximative de [1064 m] à la source de l'accident, c'est-à-dire, la distance de sécurité est de [1064 m] par rapport à la source de l'accident.

### II.3. Résultats présentés sur fond cartographique (zones d'effet) :



Figure II.5 : Intensité des radiations de la boule de feu.



Figure II.6 : Effets de surpression

L'ensemble de ces résultats sont récapitulés dans le tableau suivant.

**Tableau II.1:** tableau récapitulatif des résultats

Effet de surpression		Effet thermique	
Donnée d'entrée	Résultats	Donnée d'entrée	Résultats
✓ Masse de matière	1.3934E+06 kg	✓ Masse de matière	1.3934 E+06 kg
✓ Volume de récipient	2500 m <sup>3</sup>	✓ Volume de récipient	2500 m <sup>3</sup>
✓ Température de récipient	38 °C	✓ Température de récipient	38 °C
✓ Température ambiante	20°C	✓ Température ambiante	20°C
✓ Pression interne	6,8 bars	✓ Pression interne	6,8 bars
<b>Calcul de</b>		<b>Calcul de :</b>	
- Energie d'explosion	4.2454E+10 kJ	-Diamètre de boule de feu	563 m
-Distance de surpression pour les seuils :		-Durée de boule de feu	30.34 s
• 0.020bar	1064 m	-Pouvoir émissive	341.823 KW/m <sup>2</sup>
• 0,050 bar	437m	-Distance des effets pour les seuils :	
• 0.160 bar	135m	• 2.5 KW/m <sup>2</sup>	886m
• 0.200 bar	103m	• 6.4KW/m <sup>2</sup>	404 m
		• 8 KW/m <sup>2</sup>	280 m
		• 10 KW/m <sup>2</sup>	76 m

**Conclusion :**

L'énergie d'explosion est de quantité importante qui sera dégagée en cas d'occurrence du phénomène BLEVE, quatre zones à risques sont déterminées et dont les caractéristiques sont mentionnées dans le **Tableau II.1** en fonction de:

- La nature de la conséquence et des paramètres physiques du phénomène étudié ;
- Le choix du modèle à utiliser.

L'utilisation du logiciel nous a permis de visualiser les zones à risques sur la carte géographique. Ainsi, en cas de survenance d'un BLEVE la destruction totale du site est réalisée.

La modélisation par l'outil informatique PHAST présente plusieurs avantages, elle sert à:

- Simplifier la complexité de calcul classique de différentes caractéristiques du BLEVE ;
- Préciser les résultats du calcul et visualiser les rayons d'impacts sur la carte géographique

Rapidité du calcul et économie en termes de temps.

**CONCLUSION  
GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

L'analyse des risques d'accidents technologiques majeurs s'inscrit dans un cheminement plus large de gestion des risques. Sa réalisation permet de connaître les accidents potentiels associés à l'implantation ou la présence d'une installation. La connaissance des conséquences et des risques pour les populations, l'environnement et les territoires environnants contribue à une meilleure gestion de ceux-ci par leur réduction, la mise en place de mesures de sécurité et d'atténuation, la mise sur pied d'une planification des mesures d'urgence et d'un programme de gestion de risques adapté à la nature des accidents potentiels majeurs identifiés

Dans ce travail nous avons traité certains aspects de la sécurité de stockage sphérique du GPL dans le site industriel RA1G, il conviendrait cependant de signaler que le risque zéro n'existe plus. L'objectif de cette étude est de mettre en évidence les risques et les dangers liés aux stockages de GPL qui présente un potentiel de dangers importants, principalement pour son risque d'inflammabilité, d'explosivité, les conditions opératoires et les conditions de stockage.

L'étude de l'ampleur des conséquences de scénario de phénomène BLEVE a conduit à renforcer les barrières de sécurités nécessaires pour garantir un niveau de sécurité acceptable, ceci nécessite de consolider les moyens de sécurité et de mettre à jour les nouvelles techniques de moyens de prévention, de protection et d'intervention afin d'éviter toute-scénario dans la zone de stockage qui peut causer un accident majeur.

Le domaine privilégié des risques majeurs est celui des accidents industriels ou encore naturels provoquant des troubles collectifs de grande ampleur, on parle de risques d'accidents industriels majeurs. Ces accidents et d'autres montrent combien toutes les valeurs protégées sont touchées à la fois (les personnes, les installations, l'environnement, zones urbanisées,...).

De plus, la complexité de leurs mécanismes (occurrences des phénomènes dangereux), nécessite également des démarches et des outils plus adaptés pour la conception et la mise en place d'un système efficace de prévention des risques technologiques.

Devant cette situation, les chefs d'entreprises et les autorités locales d'une telle zone dite à Risque majeur, doivent:

- prendre en charge la prévention de ces accidents,
- de mettre en place des outils de gestion,
- de mener une réflexion sur ces risques, dans un souci de protection de l'intérêt collectif.

D'où la nécessité d'une approche globale de gestion des risques majeurs (technologiques) qui s'avère une opportunité absolue traduisant la politique engagée par l'Etat en la matière.

Le retour d'expérience sur les accidents industriels majeurs nous montre la nécessité d'une approche globale couvrant les principaux éléments de la politique de prévention des risques majeurs, à savoir : la réduction des risques à la source (EDD), l'élaboration et la mise en œuvre

des plans d'urgences et de secours (PII, PPI), la maîtrise de l'urbanisation autour des sites à risques majeurs, et de développer une culture de prévention : Information et participation du public.

La modélisation des conséquences d'accidents nous a permis :

- De connaître l'ampleur des effets potentiels liés à l'occurrence de certains scénarios de fuite et ainsi pouvoir réduire les risques (prévention et protection)
- D'élaborer ou de mettre à jour la structure d'intervention et les plans d'urgence
- De procéder éventuellement à la communication des risques avec les parties prenantes (populations potentiellement affectées, autorités, le personnel, etc.

### **Recommandations :**

#### **❖ Pour améliorer la performance et la protection des installations :**

- Amélioration de la fiabilité et la disponibilité des soupapes de sûreté et des tests périodiques suivant un plan de maintenance bien défini .
- Maintien de l'instrumentation en bon état de fonctionnement (maintenabilité, fiabilité)
- Elimination de risque de fuites de GPL à la source, prévention des risques surtout au bas de la sphère et aux conduites sous sphère contre les défaillances mécaniques, la corrosion et considérer aussi la bonne vérification de l'étanchéité après une intervention sur les vannes, joints et brides.
- Révision des meilleures pratiques concernant les opérations d'arrêt des pipelines pour prévenir la formation de poches de gaz.
- Améliorer l'équipement de lutte contre le feu.
- Le refroidissement des sphères pendant les périodes chaudes.

#### **❖ Pour l'amélioration du système de gestion sécurité :**

- Faire une révision complète de toutes les règles HSE, les mettre par écrit et les communiquer à tout le personnel ;
- Appliquer le système d'autorisation de travail de SONATRACH.
- Réviser les programmes d'exercices de lutte contre le feu et l'améliorer afin d'inclure une liste d'exercices basée sur des événements plausibles ayant eu lieu ailleurs dans le monde;

#### **❖ Pour un personnel avant une bonne culture de sécurité :**

- Former tous les employés sur les règles HSE ;
- Former tous les responsables du site sur les bonnes pratiques HSE et préciser leur rôle dans la promotion et l'application des règles HSE ;
- Distribuer les équipements de protection personnelle adéquats à tous les opérateurs (casques, gants, bottes, bleus de travail).

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

### Bibliographie

- [1]- Mount Nasserredine « simulation et optimisation des paramètres technologies de l'unité de fractionnement des GPL à laoud Berkaoui », mémoire de magister en génie des procédés, option Technologie des hydrocarbures, université M'Hamed Bougara Boumerde année 2012/2013.
- [2]- « LA NOUVELLE RAFFINERIE DE PÉTROLE D'ALGER SERA INAUGURÉE MERCREDI » [archive], sur *Le Monde*, 15 avril 1964
- [3]- « Technip remporte un contrat de 680 millions d'euros pour la réhabilitation de la raffinerie d'Alger » [archive], sur *euro-petrole.com*
- [4]- « Technip : TechnipFMC se réconcilie avec l'algérien Sonatrach » [archive], sur *BFM Bourse*, 5 juin 2017
- [5]- « Raffinerie d'Alger : Optimiser la production » [archive], sur *El Moudjahid*, 7 novembre 2016
- [6] - « Après près de dix ans de travaux, la raffinerie d'Alger enfin inaugurée » [archive], sur *TSA*, 21 février 2019
- [7] - « Réhabilitation de la raffinerie de Sidi R'zine à Alger : sa production couvrira les besoins en carburants de la région centre du pays » [archive], sur *radioalgerie.dz*, 21 février 2019
- [8]- Chouat, Chahinez. Etude de l'unité GTFT en mode Turn Down. Janvier 2017; 61P.
- [9]- Dimensionnement d'une batterie d'échangeur E201. Octobre 2015.
- [10]- Hajd, Ali Djamel. Etude de la section de déshydratation de l'unité GPL-2 HASSIMESSAOUD. Aout 2005.
- [11]- Daddiou, Abdelaziz. Optimisation des paramètres de marche de l'unité de GPL de RHOURE NOUSS. 2010.
- [12]- Etude des fours tubulaires de l'unité GPL-1 à HASSI-MESSAOUD. Septembre 2015.
- [13]- Benziad, Houssem. Réalisation d'une colonne de stabilisation du condensat au niveau de l'unité de traitement de gaz. 2008.
- [14] - Kaabouche, Boumedien. Description de la section de stockage de l'unité GPL-1 HASSI MESSAOUD. Novembre 2017.
- [15] - D.Picardie, Gaz combustibles liquéfiés et liquides inflammables, Synthèse du groupe de travail régional, France, 2004.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[16] - N.Margossian, Risques et accidents industriels majeurs, Rapport scientifique, N°5, Février 2006.

[17] - B.DEBRAY, Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle, INERIS-DRA, P46055–CL47569, 2006.

[18] - INERIS, Méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels (DRA-006) Ω-2, Feux de nappe, Direction des Risques Accidentels, 2002.

[19] - C.BOUKHALFA, Etude et analyse des risques liés à un procédé d'exploitation Unité de séparation GPL/ unité 30 Raffinerie de Skikda, mémoire de fin d'étude, Université EL HADJ LAKHDAR- BATNA, institut d'hygiène et sécurité industrielle, promotion 2013.

# **ANNEXES**

### Annexes

#### **Présentation du logiciel de simulation PHAST :**

PHAST est un logiciel qui a été développé et mis à jour par DNV pour évaluer les conséquences des fuites de gaz, des incendies, des explosions, de la toxicité et des autres dangers technologiques reliés à diverses industries.

Le logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool), est un outil complet d'analyse des risques d'une installation industrielle. PHAST simule l'évolution d'un rejet accidentel d'un produit toxique et/ou inflammable, depuis la fuite initiale jusqu'à la dispersion atmosphérique en champ lointain, incluant la modélisation de l'épandage et de l'évaporation de flaque.

PHAST est capable de modéliser les scénarios de rejets à partir des divers termes sources (fuite sur la paroi d'un réservoir, rupture d'une canalisation, ...) qui sont ensuite combinés avec le modèle de dispersion de PHAST de type intégral, appelé Unified Dispersion Model (UDM), pour obtenir par exemple : les distances de sécurité correspondant aux seuils toxiques et l'empreinte du nuage au Sol à un instant donné.

#### **Termes sources dans PHAST :**

Le logiciel, commercialisé par DNV Software, est largement utilisé dans l'industrie pour l'estimation des conséquences d'accidents. Il permet de modéliser différents types de termes sources, ainsi que la dispersion du nuage.

Il existe plusieurs modèles dans PHAST pour calculer les divers termes sources. Le calcul du terme source est composé de deux parties : la première partie du calcul est spécifique pour chaque terme source, elle définit les conditions de rejet jusqu'à l'orifice (pour « Leak ») ou jusqu'à la brèche sur la canalisation (pour « Short pipe » et « Long pipeline »). La deuxième partie du calcul est effectuée avec le modèle d'ATEX (ATmospheric EXpansion model) qui détermine les conditions finales de rejet après l'expansion jusqu'à la pression atmosphérique.

Nous présentons les principaux modèles de terme source de PHAST pour le Mode d'émission continue. « Leak », « Line rupture », « Disc rupture ».

### **Modèle UDM de dispersion de PHAST :**

Le modèle de dispersion de Phast appelé UDM (Unified Dispersion Model).

La version originale de l'UDM a été développée par Cook et Woodward au début des années 1990. Dans cette version, les différentes phases de dispersion sont simulées avec des sous-modèles qu'il faut assembler de façon astucieuse pour modéliser un scénario donné. Pour éliminer les discontinuités entre les résultats des sous-modèles, une nouvelle version de UDM a été mise au point dans laquelle il est possible de calculer un profil uniforme de concentration intégrant les différentes phases de la dispersion.

D'autre part, ce nouveau modèle prend en compte les phénomènes d'évaporation, de formation de flaque, d'élévation du nuage et de dispersion variable au cours du temps.

Le logiciel, commercialisé par DNV Software, est largement utilisé dans l'industrie pour l'estimation des conséquences d'accidents. Il permet de modéliser différents types de termes sources, ainsi que la dispersion du nuage.

UDM est capable de traiter un grand nombre de produits, qu'ils soient toxiques et/ou inflammables, légers, lourds ou neutres. Il traite les rejets liquides, gazeux ou diphasiques. Pour les rejets diphasiques, il modélise la formation et l'évaporation de flaque.

### **Modélisation des feux et des radiations thermiques :**

PHAST peut modéliser les phénomènes suivants :

- Feu chalumeau (jet fire)
- Feu de flaque (nappe)
- Feu nuage (feu flash)
- Boule de feu (BLEVE)
- Modélisation des Explosions

Trois modèles pour prédire les effets d'explosion VCE (VapourCloudExplosion) :

- TNT équivalent
- Multi-Energy
- Baker-Strehlow

### **Modélisation des Effets Toxiques :**

- PHAST aussi modélise les effets toxiques :
- Distance à la concentration toxique
- Distance à la Dose toxique

### **Résultats de modélisation par PHAST :**

Généralement les résultats sont présentés sous forme Graphique et numérique (rapport), Certains résultats peuvent être présentés sur fond cartographique (zones d'effet).

### **Définition des scénarios et simulation :**

Pour introduire un model il faut suivre les étapes suivants :

- Introduire un modèle général
- Différents types de scénarios (rupture catastrophique, fuite, rupture Ligne,...)
- Caractéristiques des modèles généraux
- Données importantes (Onglets)
- Influence des données – paramètres de procédé