



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة أمحمد بوقرة ببومرداس  
Université M'Hamed Bougara de Boumerdès  
كلية المحروقات والكيمياء  
Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie



**Département Génie des Procédés Chimiques et Pharmaceutiques**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**En vue d'obtention de diplôme de Master**

*Spécialité : Génie des Procédés*

*Option : Hygiène Sécurité et Environnement (HSE)*

***Thème***

**Application de la méthode d'analyse AMDEC sur une sphère de stockage de GPL et simulation PHAST pour un BLEVE**

*Présenté par :*

**MANAA Fayssal El-hosseyn**

*Encadré par :*

**Dr. BRIKI M**

*Année universitaire : 2023/2024*



## Remerciement

Avec toute la gratitude et l'appréciation que mon cœur peut exprimer, je me tiens aujourd'hui aux portes d'une réalisation qui est le fruit de plusieurs années de dévouement et d'effort, c'est le parcours vers l'obtention de mon Master. Ce parcours n'aurait pas été possible sans le soutien et l'encouragement de ceux qui m'entourent, et je souhaite exprimer ma profonde gratitude et ma reconnaissance à tous ceux qui ont joué un rôle dans ce voyage.

À ma encadrante de recherche estimée, **BRIKI Meryem**, qui a été comme un phare éclairant mon chemin dans les moments de doute et de confusion. Vous avez été une source d'inspiration inépuisable, offrant conseils et savoir avec patience et sagesse. Je vous remercie de tout mon cœur pour le temps et l'effort que vous m'avez consacrés.

Mes remerciements s'adressent aussi à tout le personnel de la **RAFFINERIE D'ALGER** en particulier Mr **KHOUDER Djaber** pour sa prise en charge, m'avoir donné l'occasion de réaliser mon travail de terrain avec extrême bienveillance, pour ses orientations et ses encouragements durant mon stage pratique ; et pour d'être un ami avant tous.

Je tiens à remercier chaleureusement tous mes professeurs qui n'ont pas hésité à partager leur savoir et leur guidance, et qui ont cru en mes capacités et m'ont encouragé à repousser mes limites. Vos enseignements ont été les fondations sur lesquelles j'ai construit ma connaissance et ma personnalité académique.

Je ne saurais oublier le rôle de mes collègues et amis, qui ont été ma deuxième famille tout au long de ce parcours. Merci pour votre soutien inconditionnel, vos conseils et les beaux moments passés ensemble. Vous avez été une source constante de motivation et de joie, et je ne peux imaginer ce voyage sans vous.

Je tiens à remercier chaleureusement ma collègue de recherche **Nour El-houda BELAID** pour son soutien constant et son encouragement tout au long de cette étude. Sa présence à mes côtés a été précieuse et a rendu cette expérience encore plus enrichissante. Merci infiniment.

À **ma famille**, le pilier fondamental de ma vie, les mots ne suffisent pas pour exprimer ma gratitude. Merci pour votre **amour**, votre **patience** et votre **encouragement** qui n'ont jamais faibli. Vous avez été mon refuge dans les moments difficiles et la raison de ma persévérance et de mon succès.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué à ce voyage, même par un simple mot gentil ou une aide mineure. Chaque partie de ce voyage a joué son rôle dans la réalisation de cet accomplissement, et je garderai toujours les leçons et les souvenirs dans mon cœur.



## Dédicace

Au nom du dieu tout puissant et miséricordieux et louange à ALLAH

Je dédie ce modeste travail

A mon père Djamel et ma mère Amina pour leurs amours  
Inconditionnels, leurs bontés, leurs sacrifices, leurs encouragements  
perpétuels, leurs soutiens. Aucune dédicace ne serait exprimée le l'amour que  
j'ai pour eux.

Puisse dieu prolonger leurs vies dans le bonheur.

A mes frères Iyed, Aymen

Pour être mes compagnons de route, mes premiers amis et mes confidents. Votre  
présence à mes côtés me donne la force et le courage d'affronter tous les défis.

Merci pour votre amour fraternel et votre solidarité indéfectible.

A ma femme Nour

Pour ton amour qui illumine mes jours et tes encouragements qui nourrissent mon  
esprit. Tu es ma source d'inspiration et de bonheur. Merci de croire en moi et de  
me soutenir avec tant de tendresse et de patience.

Je t'aime

Islam, Lezhari Yacine et Souhil

our votre amitié sincère, votre loyauté et vos moments partagés. Vous  
apportez de la joie et du sens à ma vie. Merci pour toutes les aventures et les  
souvenirs inoubliables.

A tous mes amis sans exception.

A tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail de près ou de loin.



## Sommaire :

Remerciement

Dedicace

Liste des Figures

Liste des tableaux

Abréviations

### CHAPITRE.I. Présentation de la raffinerie d'ALGER

I.1. Introduction.....	1
I.2. Historique.....	1
I.3. Situation géographique .....	2
I.4. Organigramme de la raffinerie d'Alger: .....	3
I.5. Les différentes unités de la raffinerie d'Alger.....	3
I.6. Présentation de la fonction Hygiène Sécurité Environnement .....	6
I.6.1. Mission de la Direction Hygiène Sécurité Environnement « HSE » au niveau de Sonatrach: 6	
I.6.2. La politique HSE au niveau de la Division Raffinage.....	7
I.7. Organisation de la sécurité de la raffinerie d'Alger.....	8
I.8. Organisme de département HSE .....	8
I.8.1. Service intervention:.....	8
I.8.2. Service prévention:.....	9
I.8.3. Le service protection de l'environnement.....	9

### CHAPITRE.II. Les risques liés au stockage de GPL et les méthodes d'analyses

II.1. Introduction.....	12
II.2. Les sources de GPL .....	12
II.3. Les caractéristiques et propriétés physico-chimiques de GPL .....	12
II.4. Utilisations des GPL.....	13
II.5. Stockage de GPL.....	13
II.5.1. Stockage sous pression .....	13
II.5.2. Le circuit du GPL au niveau de RA1G.....	13
II.5.3. Section de stockage et de transfert du GPL .....	14
II.6. Les risques liés au stockage de GPL .....	15
II.6.1. Différents risques majeurs : .....	15

II.6.2.	Les phénomènes des risques majeurs .....	17
II.7.	Présentation de la méthode AMDEC.....	22
II.7.1.	Définition.....	22
II.7.2.	Organisation de la méthode AMDEC (7) .....	22
II.7.3.	Types de l'AMDEC.....	23
II.7.4.	Description de l'enchaînement des opérations .....	24
II.7.5.	Tableau générale AMDEC.....	33
II.7.6.	Place de l'AMDEC dans une démarche de maîtrise des risques(8) .....	34
II.8.	Simulation PHAST.....	34
II.8.1.	Présentation du logiciel de simulation PHAST.....	34
II.9.	Différents types de modélisation (12).....	35
II.10.	Conditions météorologiques.....	35
II.11.	Conclusion: .....	36
 <b>CHAPITRE.III.Application de la méthode AMDEC et l'logicielle PHAST sur la sphère.</b>		
III.1.	Introduction.....	33
III.2.	Description des sous-systèmes .....	33
III.3.	Découpage structurelle du sphère:.....	35
III.4.	Tableaux Analyses AMDEC.....	36
III.4.1.	Analyse AMDEC pour le SS1 (sous-system1) .....	36
III.4.2.	Analyse AMDEC pour le SS2.....	39
III.4.3.	Analyse AMDEC pour le SS3.....	41
III.4.4.	Analyse AMDEC pour le SS4.....	42
III.4.5.	Analyse AMDEC pour le SS5.....	44
III.4.6.	Analyse AMDEC pour le SS6.....	45
III.5.	Interprétations: .....	47
III.6.	Simulation PHAST .....	47
III.6.1.	Conditions météorologiques .....	47
III.6.2.	Scénarios retenus.....	47
III.6.3.	Caractéristiques du terme source :.....	48
III.6.4.	Hypothèses retenues .....	49
III.6.5.	Rapport de BLEVE .....	50
III.6.6.	Résultat sur la cartographie.....	50
III.6.7.	Impulsion de BLEVE par la distance .....	51
III.6.8.	Modélisation des effets de surpression .....	52

III.6.9. BLEVE overpressure radiation .....	52
Conclusion générale .....	54
Bibliographie	

## Liste des tableaux

<i>Tableau I-1: les capacités des produits de nouveaux parc.....</i>	<i>6</i>
<i>Tableau. II-1: Les caractéristiques et propriétés physico-chimique de GPL (4) .....</i>	<i>12</i>
<i>Tableau II-2 Grille de cotation de la gravité.....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau II-3 Grille de cotation de la fréquence .....</i>	<i>27</i>
<i>Tableau II-4 Grille de cotation de la détection .....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau II-5 Niveau de criticité.....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau II-6 Niveau de criticité.....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau II-7 Matrice de criticité.....</i>	<i>33</i>
<i>Tableau II-8 Tableau Generale d"AMDEC .....</i>	<i>33</i>
<i>Tableau II-9 Conditions météorologiques .....</i>	<i>35</i>
<i>Tableau III-1 Analyses AMDEC pour le sous-système 1.....</i>	<i>36</i>
<i>Tableau III-2 Analyses pour le sous-système2.....</i>	<i>39</i>
<i>Tableau III-3 Analyses pour le sous-système 3.....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau III-4 Analyses pour le sous-système 4.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau III-5 Analyses pour le sous-système 5.....</i>	<i>44</i>
<i>Tableau III-6 Analyses pour le sous-système 6.....</i>	<i>45</i>
<i>Tableau III-7 Le scénario retenu .....</i>	<i>47</i>
<i>Tableau.III-8 Caractéristique du sphère .....</i>	<i>48</i>
<i>Tableau III-9 Hypothèses retenues .....</i>	<i>49</i>
<i>Tableau III-10 Les distance de suppression .....</i>	<i>51</i>

## Liste des Figures

-Figure I-1: Vue aérienne présentant l'emplacement de la raffinerie d'Alger (2).....	2
-Figure I-2: Organigramme de entreprise.....	3
-Figure I-3: Parc de stockage.....	5
-Figure I-4: Organigramme de département sécurité industrielle.....	10
-Figure II-1: Cigare du stockage de gaz.....	13
-Figure II-2: Sphère de stockage du GPL.....	12
-Figure II-3: Réservoir sous talus (5).....	12
-Figure II-4: Réservoir sous talus.....	13
-Figure II-5 Vue de haut de la RAIG, zone de stockage GPL.....	13
-Figure II-6: pipe de vidange.....	14
-Figure II-7: Phénomène du BLEVE.....	17
-Figure II-8: Déroulement du BLEVE.....	19
-Figure II-9: feu de nappe.....	20
-Figure II-10 le phénomène Boil over.....	21
-Figure II-11: Types D'AMDEC.....	23
-Figure II-12: Les différents étapes de l'AMDEC.....	24
-Figure II-13: Analyses de système.....	25
-Figure III-1: sphère de stockage du Butane(911-S-006).....	33
-Figure III-2 Découpage structurelle du sphère.....	35
-Figure III-3 Le site de simulation.....	48
Figure III-4 Multi-energie et equipement dans le site.....	49
-Figure III-5 Le rapport de modélisation.....	50
-Figure III-6 Effet de surpression sur la carte.....	50
-Figure III-7 L'impulsion de BLEVE.....	51
-Figure III-8 Les zones touchées par les ondes de surpression.....	52
-Figure III-9 Les zones touchées par les radiations de BLEVE.....	52

## Abbreviations

<b>OPEP</b>	L'organisation des Pays Exportateurs de Pétrole
<b>GPL</b>	Gaz de Pétrole Liquéfié
<b>CCR</b>	Continuous Catalytic Reforming
<b>RFC</b>	Residue fluid catalytic cracking
<b>PTE</b>	Plomb Tétra-Ethyle
<b>HP</b>	Haute Pression
<b>GMI</b>	Service Maintenance Mécanique Industrielle.
<b>GE</b>	Service Maintenance Électrique.
<b>GEI</b>	Service Maintenance Électronique Instrumentation.
<b>GMC</b>	Service Maintenance Chaudronnerie
<b>HSE</b>	Hygiène, Sécurité et Environnement,
<b>SIG</b>	Système D'information Géographique
<b>SI</b>	Sécurité Industrielle
<b>POI</b>	Plan d'Organisation Interne
<b>BLEVE</b>	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
<b>LSE</b>	Limite Supérieure D'explosivité
<b>LIE</b>	Limite Inférieure D'explosivité
<b>TLS</b>	Température Limite de Surchauffe
<b>SS</b>	Sous-systeme
<b>DCS</b>	Distribué Control System
<b>RdM</b>	résistance des matériau

## **Introduction générale**

Le secteur industriel notamment les hydrocarbures connaît une croissance constante et joue un rôle essentiel dans le développement économique d'un pays. Cependant, la crise économique qui a touché le monde ces dernières années a incité la plupart des industries à doubler leurs productions pour améliorer les performances de leurs produits et leurs qualités, ainsi que d'optimiser le moyen de production afin de réduire les coûts de maintenance. Cette immense demande a induit a des conséquences néfaste que ça soit pour l'environnement et l'humain c'est pour cela que les industriel sont a la recherche continue a l'application de différentes méthodes pour améliorer la fiabilité, la performance et la sécurité des différentes fonctions d'une entreprise, notamment la fonction de maintenance, sont nécessaires pour améliorer la fiabilité de plusieurs organes de l'industriel. Les difficultés techniques rencontrées lors du traitement et du stockage des hydrocarbures peuvent parfois causer de graves dommages humains et matériels, comme : explosions, incendies, accidents.

Afin de diminuer les risques cites ci dessus, il est nécessaire de mettre en place des mesures de sécurité de prévention (pour diminuer la probabilité d'un accident) et/ou de protection (pour diminuer la gravité des conséquences). Le choix de la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance et leurs Effets de Criticité) est utilises dans ce travail afin d'étudier les risques et les défaillances probables dans le domaine du stockage du gaz dans la raffinerie d'Alger plus précisément dans un 'sphère', les resultatats les plus critiques ont été simuler par le l'outil PHAST pour une étude approfondie des consequences.

Ce travail est donc organisé en trois chapitres principaux presntee comme suit:

**CHAPITRE 1** est une présentation de la raffinerie d'Alger et de l'organisme du département HSE dans l'entreprise.

**CHAPITRE 2** represente les risques liés au stockage des hydrocarbures et la présentation des méthodes d'analyse AMDEC et PHAST.

**CHAPITRE 3** est la partie pratique qui consiste à appliquer la méthode AMDEC sur une sphère de stockage du gaz de BUTANE avec la simulation du logiciel PHAST dans le scénario le plus grave et le plus catastrophique du stockage d'après les tableaux .



# **CHAPITRE.I. Présentation de la raffinerie d'ALGER**



### I.1. Introduction

Une raffinerie est conçue pour traiter le brut. Elle peut être simple ou complexe, constituée de quelques unités de traitement ou bien de plusieurs.

L'Algérie est l'un de ces pays producteurs de pétrole. Elle fait partie de l'OPEP.

L'Algérie dispose de Cinq (05) 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)

### I.2. Historique

- **Origines et Évolution:**

La Raffinerie d'Alger, mise en service en février 1964, a d'abord été connue sous le nom de NAFTEC et est maintenant une filiale de Sonatrach. Elle se spécialise dans le raffinage et la distribution des produits pétroliers en Algérie.

Initialement intégrée à SONATRACH, le secteur du raffinage et de la distribution a été séparé en 1982 pour créer l'Entreprise Nationale de Raffinage et de Distribution des Produits Pétroliers (ERDP-NAFTAL).

En 1988, une nouvelle séparation a eu lieu, formant l'Entreprise Nationale de Raffinage de Pétrole, NAFTEC Algérie.

- **Reconfiguration et Capitalisation:**

En avril 1998, NAFTEC est devenue une filiale du Holding Raffinage et Chimie du Groupe SONATRACH, renommée Société Nationale de Raffinage de Pétrole, NAFTEC Spa, avec un capital social de 12 milliards de DA.

- **Approvisionnement et Infrastructure:**

De 1964 à 1971, l'approvisionnement en pétrole brut se faisait via des tankers depuis le port pétrolier de Béjaïa jusqu'à Alger.

En 1971, un pipeline de 24 pouces reliant Beni-Mansour à Hassi-Massoud a été mis en place pour acheminer le pétrole brut directement à la raffinerie, permettant ainsi l'agrandissement de son parc de stockage, comprenant des réservoirs pour le brut, les produits finis et semi-finis, ainsi qu'une sphère de butane.(1)

### I.3. Situation géographique

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

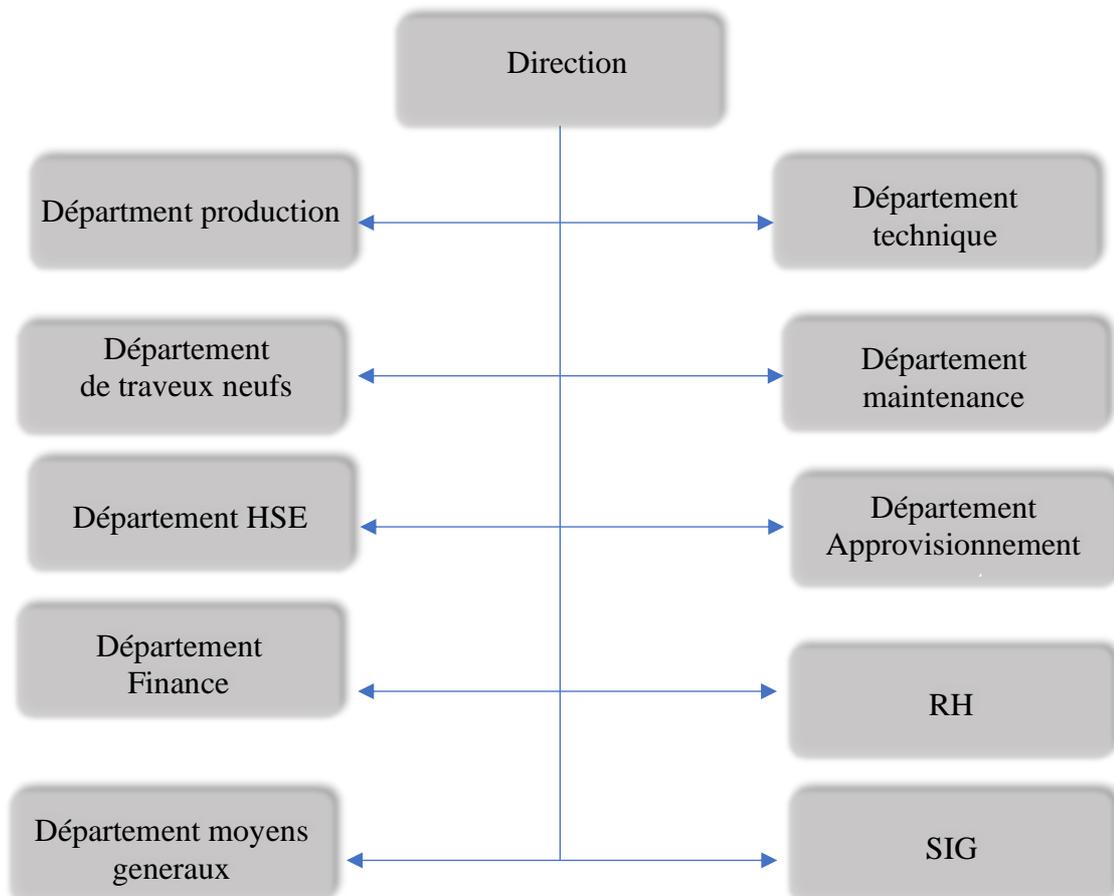
La raffinerie d'Alger est liée au port pétrolier par une nappe de pipes d'une longueur de 14 km. Cette nappe est essentiellement souterraine. Le port pétrolier se trouve dans l'enceinte du port d'Alger du côté Est. voir **la figure I-1**



-Figure I-1: Vue aérienne présentant l'emplacement de la raffinerie d'Alger (2)

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

Voir la figure I-2



-FigureI-2: Organigramme de entreprise

#### I.5. Les différentes unités de la raffinerie d'Alger

La raffinerie d'Alger comporte les unités principales suivantes:

##### I.5.1. Unité de distillation atmosphérique U100

Unité qui permet de fractionner le pétrole brut en ses différentes dérivées, à savoir:

- Les hydrocarbures légers, contenant des gaz incondensables, du butane et du propane.
- L'essence légère, entrant dans la constitution de carburants autos.
- Les solvants légers et lourds.
- Le Kérosène fournissant les produits commerciaux, pétrole lam
- Le gas-oil lourd, entrant dans la construction des fuels légers.
- Le fuel destiné à l'exportation,

### **I.5.2. 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.

### **I.5.3. Unités MS-Block**

Pour la production des essences aux normes européennes EURO V (2009) comprenant:

- Une unité de prétraitement de la charge Naphta de 1 123 810 Tonnes/an (30 000 bbl/jour), commune aux deux unités d'Isomérisation et de CCR (Continuous Catalytic Reforming),
- Une unité d'isomérisation de naphta léger, sous licence AXENS, de 375 000 Tonnes/an (10 643 bbl/jour),
- Un Reforming type CCR, sous licence AXENS, de 660 000 T/An

### **I.5.4. Unité de conversion de résidu type RFCC**

Sous la licence UOP, de 1 000 000 T/an, pour augmenter la production d'essences et de Gas Oil, GPL.

### **I.5.5. Block d'unité Soufre**

- Désulfuration
- Production de soufre a état solide

### **I.5.6. Station de traitement des effluents (ETP), de type biologique**

- Traitement des effluents
- Traitement des eaux usées

### **I.5.7. Unité de mélange**

C'est une unité où se fait l'Ethylation qui est une opération d'addition du PTE (plomb tetra-éthyle) au mélange constitué de plat format et de l'essence légère pour obtenir des essences normale et super.

### **I.5.8. Rampe de chargement**

Qui permet d'expédier le butane et le propane vers les dépôts (Naftal).

### **I.5.9. Salle de contrôle**

Le nombre important d'appareils de mesure équipant une unité de raffinage a conduit à la nécessité de concentrer dans une salle de contrôle toutes les informations nécessaires à la bonne marche de l'unité (température, pression, débits, contrôles des vannes...etc.).

#### I.5.10. Le laboratoire

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

#### I.5.11. La centrale thermoélectrique

Son rôle principal est la production de l'énergie électrique à partir de la vapeur d'eau produite par les chaudières, et ce grâce à un dispositif appelé « Turbo alternateur », qui est un générateur d'électricité, constitué d'une turbine à vapeur et d'un alternateur d'une puissance de 6MW.

#### I.5.12. La pomperie

- Port pétrolier d'Alger.
- L'aéroport Houari Boumediene.
- Les dépôts de carburant : Caroubier, El Harrach et la Chiffa.

#### I.5.13. Atelier 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.

#### I.5.14. Parc de stockage

La raffinerie d'Alger est dotée d'une ancienne et nouveaux parc pour les produits de Stockage



*-Figure I-3: Parc de stockage*

Toutes les matières premières et manufacturées, y compris certaines matières combustibles, sont stockées en vue de leur utilisation ou de leur vente. Voir le **tableau I-1**:

Tableau I-1: les capacités des produits de nouveaux parc

IDENTIFICATION DU BAC	PRODUITS	CAPACITE (m <sub>3</sub> )
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

## I.6. Présentation de la fonction Hygiène Sécurité Environnement

### I.6.1. Mission de la Direction Hygiène Sécurité Environnement « HSE » au niveau de Sonatrach:

La déclaration de « Santé, Sécurité et Environnement (HSE) » marque l'engagement du Groupe Sonatrach à préserver la santé et la sécurité des travailleurs, l'intégrité du patrimoine et l'environnement. Ces engagements sont axés sur plusieurs objectifs :

- Assurer la conformité aux exigences légales et réglementaires en matière de HSE

- Développer une approche préventive pour gérer les risques d'accidents, d'incidents, de santé au travail et de protection de l'environnement
- Améliorer les performances HSE grâce à un Système de Management Santé, Sécurité et Environnement (HSE-MS)
- Promouvoir la formation et la sensibilisation en matière de HSE
- Développer la communication dans ce domaine.

Ces engagements se matérialisent à travers plusieurs axes, notamment la mise en place d'un système de management intégré couvrant toutes les activités du groupe comme la maîtrise des risques.

### **I.6.2. La politique HSE au niveau de la Division Raffinage**

La politique de Sonatrach, plus particulièrement de l'Activité Aval, Division Raffinage, en matière de qualité, santé, sécurité au travail et protection de l'environnement repose sur le principe d'amélioration durable. Ses objectifs incluent la réduction des nuisances et des pollutions. Dans le cadre de la préservation et de la protection à la raffinerie d'Alger, la Division Raffinage poursuit ses efforts pour minimiser les risques d'accident, les maladies professionnelles et les atteintes à l'environnement.

La Division Raffinage s'assure que son personnel est bien informé, formé et que leurs rôles ainsi que leurs responsabilités sont définis pour réaliser leurs tâches dans les meilleures conditions. La politique HSE du service prévention met l'accent sur la sécurité, la préservation de la santé et l'intégrité physique des travailleurs. Elle vise à éliminer les sources de danger pouvant compromettre la sécurité des installations, la santé des travailleurs et l'environnement. Le service prévention a pour objectif de s'occuper particulièrement de:

- Induction, formation, information et sensibilisation du personnel sur l'hygiène, la sécurité et l'environnement.
- Analyse des quasi-accidents, des accidents et des incidents pour proposer des recommandations et des corrections.
- Gestion des zones d'affectation en coordination avec le chef de zone d'exploitation.

Chaque inspecteur de prévention gère sa zone d'affectation en matière d'Hygiène Sécurité Environnement « HSE » en coordination avec le chef de zone d'exploitation:

- Inspections et contrôles réguliers des installations et des équipements de première intervention.
- Gestion des autorisations de travail pour assurer la sécurité des opérations.
- Respect strict des normes et des procédures de sécurité pour prévenir les accidents.
- Sensibilisation et formation du personnel sur site pour renforcer la culture de la sécurité.
- Proposition de recommandations pour améliorer les conditions de travail et réduire les risques en matière de HSE.

### **I.7. Organisation de la sécurité de la raffinerie d'Alger**

La politique de sécurité de SONATRACH, spécifiquement de l'Activité Aval, Division Raffinage, est mise en œuvre et supervisée par le département Hygiène Sécurité et Environnement (HSE) au niveau des différents sites. Cette politique est documentée dans un manuel HSE, qui détaille les mesures de sécurité appliquées sur les sites. Les procédures opérationnelles, propres à chaque unité d'installation, sont également formalisées dans des manuels opératoires, permettant aux opérateurs de maîtriser les processus et l'exploitation.

En cas d'incident, la raffinerie dispose de moyens d'intervention appropriés, tant fixes que mobiles, et d'un personnel correctement formé. Chaque membre du personnel reçoit un manuel de sécurité contenant des consignes générales pour la lutte contre les incendies (3). De plus, la raffinerie et le port pétrolier ont un Plan d'Organisation Interne (POI) pour faire face aux situations d'incendie ou d'explosion.

### **I.8. Organisme de department HSE**

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

#### **Figure I-4 :**

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

#### **I.8.1. Service intervention:**

Ce service, constitué de 56 agents, assure de manière continue la surveillance et les interventions sur les installations. Ses principales tâches sont les suivantes:

- Protéger et sauvegarder le personnel ainsi que le patrimoine de l'entreprise.
- Mener en cas d'urgence, des actions conformément aux différents plans d'organisation des secours tels que le POI et le 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.
- Mettre en œuvre les programmes de formation et d'exercices de lutte contre l'incendie

### I.8.2. Service prévention:

Ce service assure:

- La supervision et le contrôle des installations.
- La gestion des risques liés aux travaux.
- La préservation de la santé des travailleurs.
- Le contrôle de la conformité des pratiques par rapport aux normes et aux règles du manuel HSE.

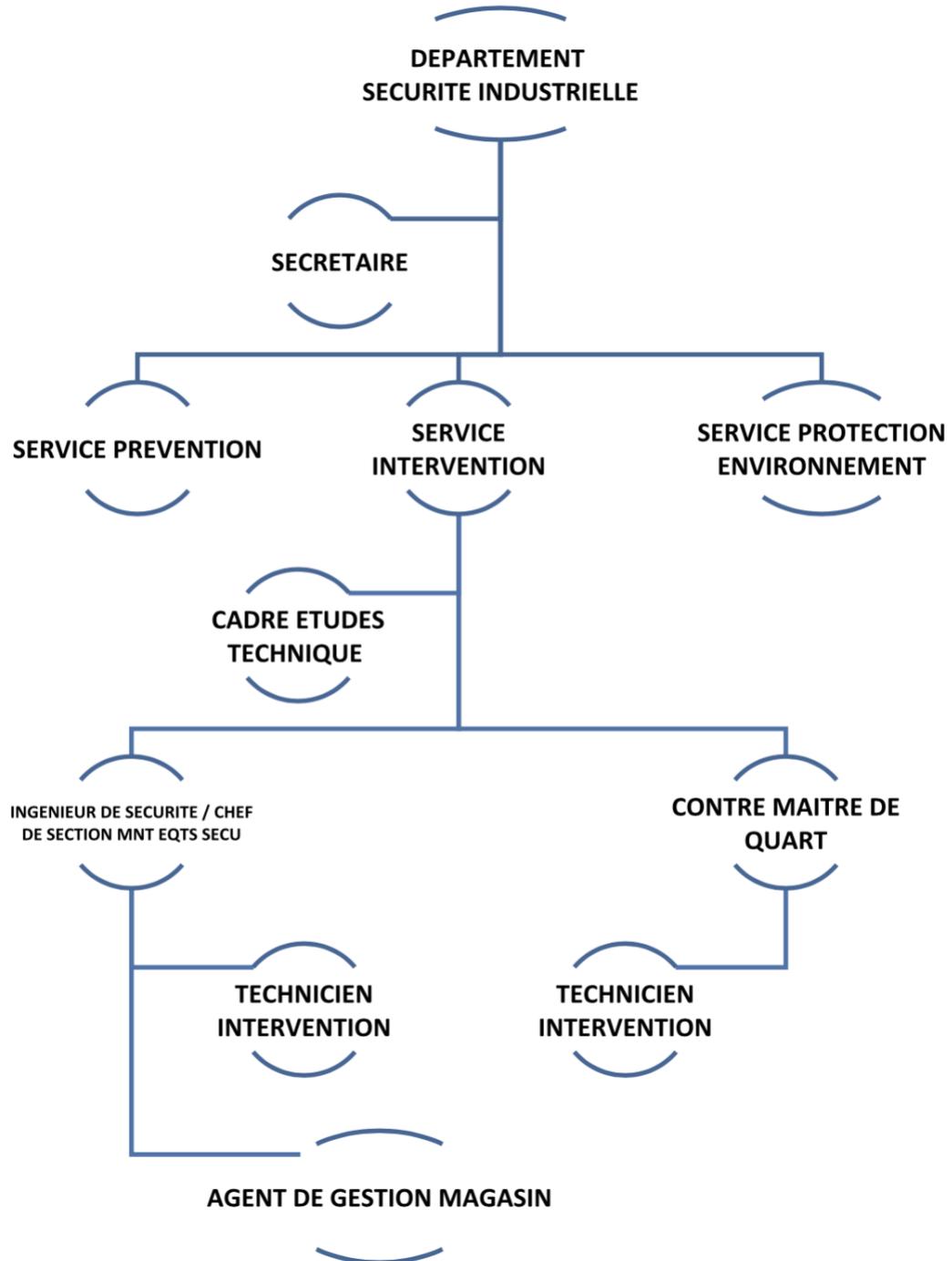
Les principales missions du service de prévention sont :

- 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.
- 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.

### I.8.3. Le service protection de l'environnement

Le rôle de la cellule Environnement:

- La gestion, le contrôle et l'élimination des différents déchets
- Déchets Liquides
- Déchets solides
- Les rejets atmosphériques
- Domaine sol et sous-sol
- Pollutions sonores
- Luminosité
- Potabilité de l'eau
- Gestion des produits chimiques



-Figure I-4:: Organigramme de département sécurité industrielle

# **CHAPITRE.II. Les risques liés aux stockages de GPL et les méthodes d'analyses**

## II.1. Introduction

Le stockage des hydrocarbures est associé à des dangers parfois catastrophiques surtout si les mesures de sécurité sont réduites. Dans cette section, nous allons exposer et expliquer les fondements théoriques du GPL (Gaz de pétrole liquéfié), ainsi que les risques les plus courants connus lors du stockage du GPL.

On va également présenter la méthode AMDEC, car cette méthode joue un rôle crucial dans l'amélioration de la fonction et de maintenance.

## II.2. Les sources de GPL

Les raffineries de pétrole génèrent divers produits chimiques et complexes, mais elles se concentrent principalement sur la production de gaz de pétrole liquéfiés lors de la distillation du pétrole brut. Dans sa gamme de produits GPL, NAFTAL propose deux produits essentiels.

- Pendant les opérations de dégazification du gaz. Sur les champs de production, il est naturel d'obtenir des produits condensables tels que la BUTANE et la PROPANE.
- La plupart des gaz à effet de serre (GPL) sont issus des champs pétroliers et lors de la digestion du gaz naturel.

## II.3. Les caractéristiques et propriétés physico-chimiques de GPL

Les formules chimiques du Propane et du Butane sont composées de carbone et d'hydrogène et surtout leurs propriétés sont différentes. On les classe dans le **tableau II.1**

Tableau. II-1: Les caractéristiques et propriétés physico-chimiques de GPL (4)

	Caractéristique Commercial	
	Butane	Propane
<b>Masse Volumique</b>	Egale ou supérieure à 0,559 kg/1 à 15°C, ce qui correspond à 0,513 kg/1 à 50°C d'après les tables de correspondance ASTM.IP	Egale ou supérieure à 0,502 kg/1 à 15°C, ce qui correspond à 0,443 kg/1 à 50°C d'après les tables de correspondance ASTM.IP
<b>Pression de Volumique</b>	Inférieure ou égale à 6,9 bars à 50°C	Au moins égale à 8,3 bars à 37,8°C garantissant un minimum de 11,5 bars à 50°C et au plus égale à 14,4 bars à 37,8°C
<b>Evaporation</b>	Point final d'ébullition inférieur ou égal à 1°C par la méthode dite du point à 95%.	Point final d'ébullition inférieur ou égal à moins 15°C par la méthode dite du point à 95%

## II.4. Utilisations des GPL

Les utilisations du butane et du propane sont nombreuses et variées :

- usage intérieur (cuisine, chauffage)
- usage pétrochimique (production d'oléfines)
- application dans l'industrie (L'industrie de la climatisation et du refroidissement, La production de carburants, Centrale électrique).

## II.5. Stockage de GPL

Il existe aujourd'hui trois catégories d'installations industrielles de stockage de GPL selon leur capacité : classées (moins de 6 tonnes), déclaration (6 à 50 tonnes) et autorisation (plus de 50 tonnes).

### II.5.1. Stockage sous pression

- **Cigares** : capacité limitée à 500 m<sup>3</sup>, utilisé dans les dépôts commerciaux ou les terminaux.



*-Figure II-1: cigare du stockage de gaz*

- **Sphères** : très résistants, utilisés dans les usines de production et les raffineries

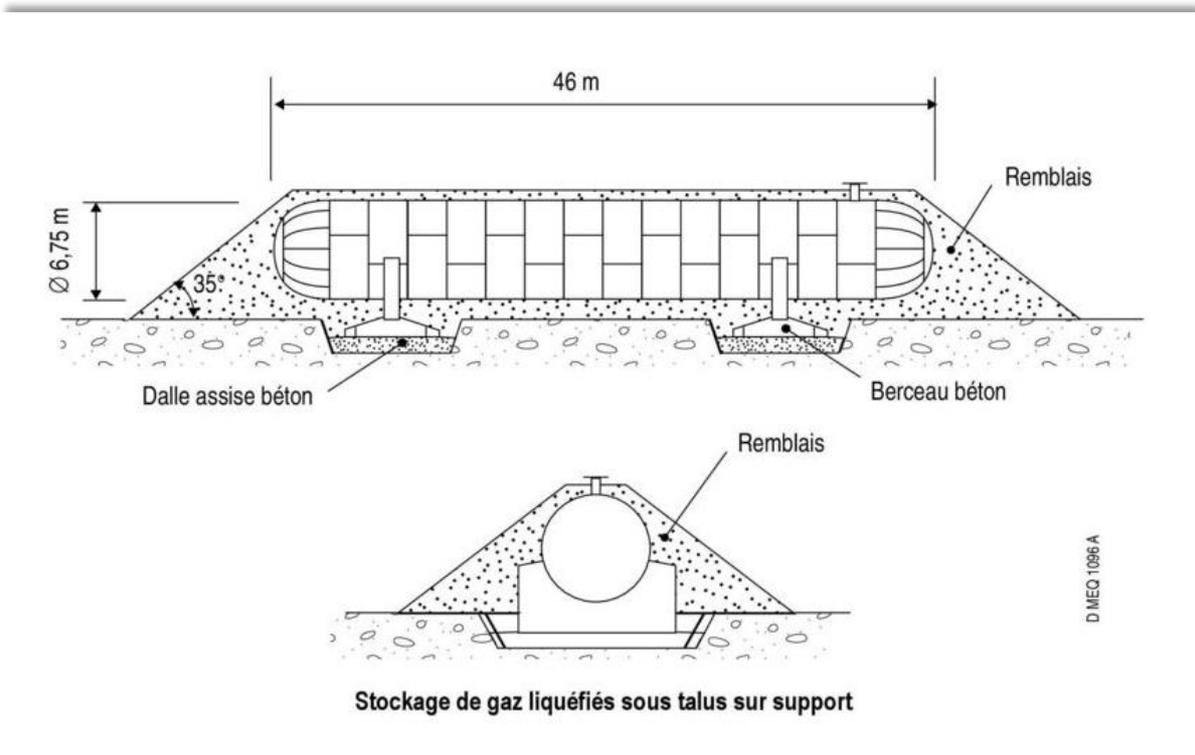


*-Figure II-2: Sphère de stockage du GPL*

- **Réservoirs sous talus**: dont les parois sont recouvertes avec une protectrice (terre, sable) à l'égard des effets thermiques et mécaniques.



*-Figure II-3: Réservoir sous talus (5)*



-Figure II-4: Réservoir sous talus

### II.5.2. Le circuit du GPL au niveau de RA1G

Le site de la GPL est divisé en trois parties :

1. Gestion de la compression des GPL dans l'unité 300.
2. Stockage des GPL.
3. Expédition des GPL.

Comme illustré par la figure II.5 :



-Figure II-5 Vue de haut de la RA1G, zone de stockage GPL

### II.5.3. Section de stockage et de transfert du GPL

#### II.5.3.1. Fonctionnement normal:

Pendant la marche normale, le GPL qui sort de l'unité 300 traverse le pipeline après avoir été pompé vers la zone de stockage. Le GPL est également produit par le port pétrolier, qui est transporté par un pipeline vers les zones de stockage en passant par les cigares. Le GPL sera injecté dans la sphère par le biais de la ligne d'aspiration.

On laisse toujours ouvertes les vannes de remplissage des sphères de stockage du GPL.

La compression joue un rôle essentiel en maintenant la pression et la température des sphères des GPL dans une plage spécifique. De plus, le niveau est également un paramètre essentiel.

#### II.5.3.2. 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. Il est recommandé de ne pas pomper du GPL de deux niveaux de stockage en même temps lors d'une vidange. En outre, le remplissage et la vidange de la même sphère sont interdits en même temps.



*-Figure II-6: pipe de vidange*

### II.5.3.3. 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.6. Les risques liés au stockage de GPL

Une source de risque est définie par la conjonction de deux éléments essentiels : la présence de dangers potentiels tels que des produits inflammables, des réactions chimiques dangereuses ou des conditions opératoires critiques, et l'existence d'un événement initiateur qui expose à ces dangers. Cela peut résulter de modifications des conditions opérationnelles, organisationnelles ou humaines. (5) La définition des sources de risque permet d'évaluer de manière globale et proactive la sécurité en combinant la probabilité de survenue d'événements dangereux avec la gravité des préjudices potentiels pour la sécurité des individus, la sûreté des installations ou l'environnement.

### II.6.1. Différents risques majeurs :

#### II.6.1.1. Risque d'explosion :

Une explosion correspond à une transformation rapide d'un système, entraînant la libération d'énergie et la création d'effets mécaniques et éventuellement thermiques (dommages importants à l'homme et au matériel, formation importante de gaz et de chaleur). Les explosions peuvent être de différentes natures, telles que :

- ⇒ Physique (comme l'éclatement d'un réservoir dont la pression intérieure est devenue trop élevée)
- ⇒ Chimique (comme le résultat d'une réaction chimique).

L'explosion peut prendre les deux formes principales suivantes :

**La déflagration** est caractérisée par

- Explosion non confinée (UVCE) à l'air libre, sans obstacles
- Feu de nuage (Flash fire)

**La détonation**, dans laquelle le front de flamme est lié à une onde de chocs se propageant à des vitesses élevées (supérieures à 1 000 m/s) qui dépasse la vitesse du son, la pression retombe à la même valeur que dans le cas de la déflagration.

### II.6.1.2. Le risque d'incendie

Et une combustion qui se produit de façon instable et sans contrôle. Cette combustion n'est rien d'autre qu'une réaction chimique exothermique rapide entre un réactif oxydant appelé comburant (généralement de l'oxygène) et un réactif réducteur appelé combustible (généralement de l'hydrocarbure liquide) en présence d'une source d'énergie.

- **Les effets de l'incendie :**

Elles sont à l'origine de nombreux décès dans les incendies, souvent causés par l'asphyxie ou l'intoxication par les fumées.

- **La fumée** est composée d'aérosols de petites particules solides et liquides, qui jouent un rôle crucial. Cette particule microscopique est nocive, irritante, agressive... L'évacuation des occupants et l'intervention des secours sont entravées par la fumée.

- **Les gaz émis lors de la combustion** varient en fonction de la nature et de la qualité. Ces gaz sont extrêmement chauds et extrêmement nocifs, ce qui entraîne une diminution de l'oxygène.

- **Les chaleurs - les flammes** : l'élévation de la température entraîne la déformation et la destruction des matériaux, entraînant parfois l'effondrement des constructions.

- **Les incendies** : susceptibles de causer la mort, ils peuvent être causés de manière externe ou interne par inhalation de gaz chauds.

### II.6.1.3. La pollution:

La pollution se produit lorsque des polluants (comme des substances chimiques ou de l'énergie sous forme de bruit, de chaleur ou de lumière) sont introduits dans un environnement à un niveau où leurs effets peuvent être néfastes pour la santé humaine, celle des autres êtres vivants, l'environnement ou le climat global.

#### 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.

### II.6.2. Les phénomènes des risques majeurs

#### II.6.2.1. Le BLEVE

- **Definition de BLEVE**

Le terme BLEVE est un acronyme anglais qui signifie « Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion ». En français, nous pourrions traduire cette expression par « **une explosion due aux vapeurs en expansion d'un liquide en ébullition** ». (6) **Figure II-7**



*-Figure II-7: Phénomène du BLEVE*

Il existe deux catégories de BLEVE : le **BLEVE froid** lorsque le réservoir se rupture à la température normale d'opération en raison d'une fissuration, ou le **BLEVE chaud** lorsque la rupture est causée par un affaiblissement mécanique suite à une augmentation de la température, comme lors d'un incendie par exemple.

Le BLEVE a généralement trois effets sur l'environnement :

- ⇒ La propagation d'une onde de surpression,
- ⇒ La projection de fragments à des distances parfois élevées,

⇒ Dans le cas d'un BLEVE de liquide inflammable, la formation d'une boule de feu dont le rayonnement thermique peut devenir important en termes de conséquences.

Le BLEVE concerne les produits suivants :

- Des gaz combustibles liquéfiés tels que le GPL (propane, butane).
- Les gaz liquéfiés non combustibles tels que le CO<sub>2</sub>, le N<sub>2</sub>, l'O<sub>2</sub>, le Cl<sub>2</sub>, l'Hélium... peuvent également entraîner le BLEVE dans l'eau à l'état liquide vapeur.

Le BLEVE concerne les équipements aériens contenant ces gaz liquéfiés sous pression :

- Stockages fixes : cylindre, sphère.
- Engins de transport : camions, wagons, navires.
- Tuyauteries.
- Bouteilles d'échantillon, bouteilles petit vrac,
- **Déroulement du BLEVE: Voir la Figure II-8**

⇒ L'exposition de la sphère à une chaleur.

⇒ Incendie - Montée en pression

- Fuite sur la sphère elle-même ou sur un équipement voisin.
- Nuage de gaz combustibles et inflammation sur un point d'ignition.
- Feu sous la capacité sous forme de flamme.
- Dans la sphère, la température monte, la pression augmente.
- La pression atteint la pression de début d'ouverture des soupapes, les gaz qui s'échappent s'enflamment ou ne s'enflamment pas.
- Le débit de chaleur dû à l'incendie apporte la chaleur latente de vaporisation au liquide dont une partie se vaporise et est évacuée aux soupapes.
- La pression atteint au maximum 110 % de la pression de début d'ouverture.
- La température du métal mouillé par le liquide reste à peu près constante.
- Baisse du niveau liquide due à la vaporisation.

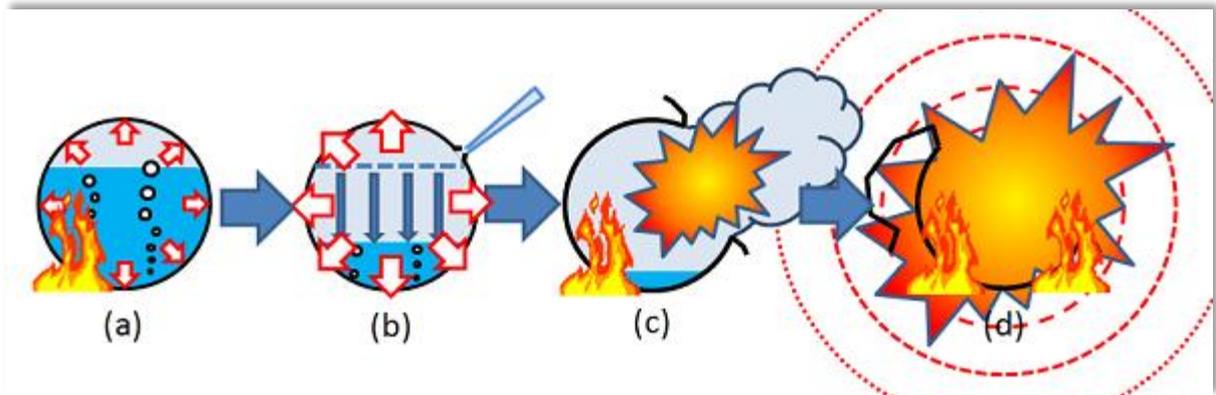
⇒ Perte de la résistance mécanique - Rupture

- La température du métal non mouillé augmente rapidement.
- La limite élastique et la résistance à la rupture du métal diminuent.
- formation d'une boursoufflure par étirement du métal.
- Éclatement de la boursoufflure et rupture du réservoir avec projection de fragments.

⇒ Explosion - Boule de feu

-La soudaine décompression, jusqu'à la pression atmosphérique, entraîne :

- des ondes de surpression
  - la brusque vaporisation d'une partie du liquide sous forme d'aérosol qui s'enflamme et provoque une boule de feu.
- La chaleur de vaporisation est apportée par les flammes et par le liquide restant dans la sphère dont la température atteint la température d'ébullition normale.
- La boule de feu croît rapidement, s'élève dans les airs puis se fragmente et s'éteint après consommation du combustible.



-Figure II-8:Déroulement du BLEVE

- **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.

### II.6.2.2. Feu de jet

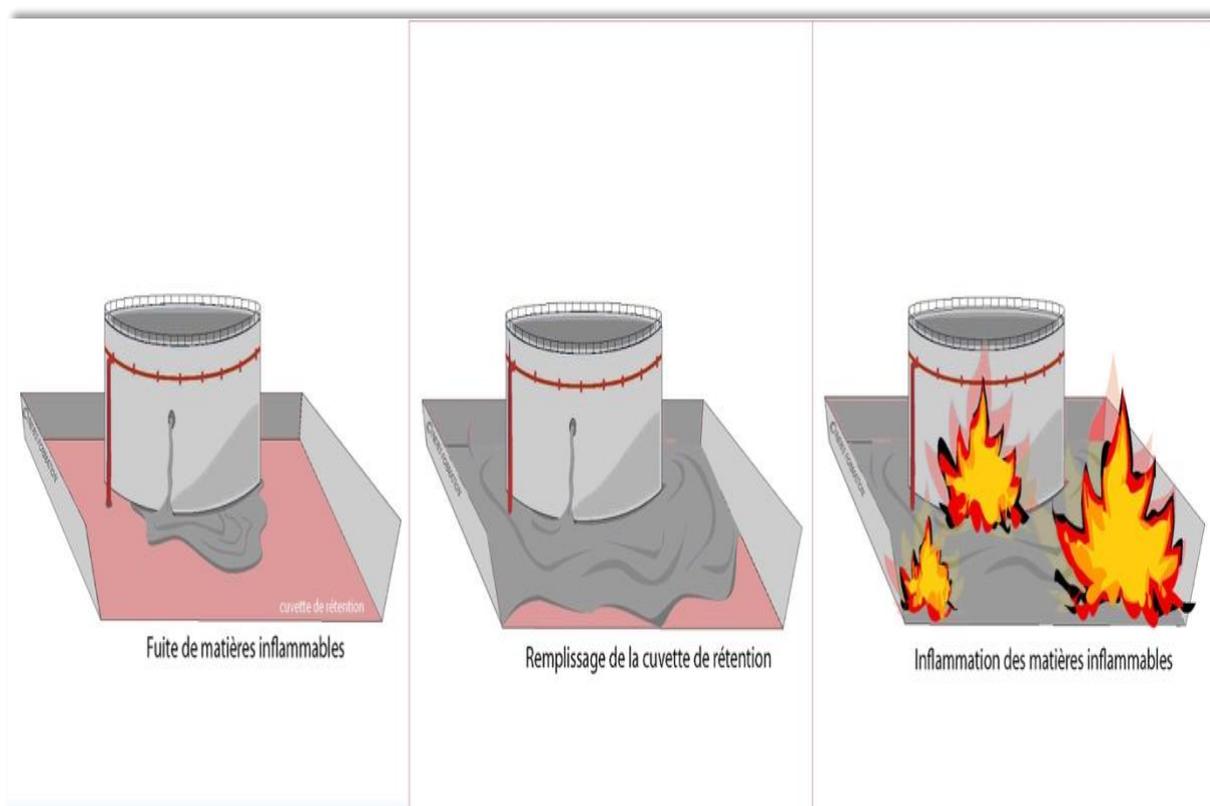
Une flamme à diffusion turbulente est produite par la combustion d'un carburant qui est libéré en continu avec un élan important dans une ou plusieurs directions spécifiques.

### II.6.2.3. Feu de nappe

Il s'agit d'un incendie provoqué par la combustion d'une nappe de liquide combustible. On observe principalement ce phénomène à la surface de la nappe en contact avec l'air.

Les dimensions et la structure de la nappe peuvent varier considérablement. Il est donc important de différencier **Voir la figure II-9** :

- Les incendies de réservoir : le feu est ensuite confiné dans une enceinte dont la surface est déterminée par les dimensions du réservoir.
- Les incendies de cuvette (de rétention) : l'expansion de la nappe peut être restreinte grâce à une cuvette de rétention dont la taille est étroitement limitée, notamment en raison des exigences réglementaires en vigueur dans le domaine du stockage.
- Les feux de flaque libre, lorsque les mesures physiques ne sont pas prévues pour les limiter.



-Figure II-9:feu de nappe

### II.6.2.4. Le Boil Over

On peut traduire Boil Over par "débordement par ebullition" en anglais. Ce type d'accident survient pour certains liquides inflammables, présentant une viscosité élevée. **Figure II-10**

#### Conditions nécessaires pour la naissance d'un Boil Over

Pour qu'un Boil Over se produise, trois conditions doivent être réunies:

- La présence d'eau à transformer en vapeur;
- La création d'une onde de chaleur (ou, en d'autres termes d'une zone chaude) qui entre en contact avec le fond d'eau situé sous la masse de l'hydrocarbure;
- Un hydrocarbure suffisamment visqueux pour que la vapeur créée par le contact de la zone chaude et du fond d'eau ne puisse pas traverser l'hydrocarbure facilement depuis le bas du réservoir.



*-Figure II-10 le phénomène Boil over*

Les risques de l'activités de stockage des GPL sont très graves et necessite une démarche d'étude de risque par différentes méthodes afin de nous permettre de les maîtriser. (7) Il existe de nombreuses méthodes d'analyse des risques et differets l'une de l'autre et il sont presentes ci-dessous :

- Analyse préliminaire des risques/dangers (APR/D) ;
- Analyse des Modes De Défaillance et Leur Effet/Criticité (AMDE/C) ;
- Arbre De Défaillance (ADD) ;
- Arbre d'événements (ADE) ;
- Méthode HAZOP (Hazard and operability).

Dans ce travail la methode AMDEC a été choisie comme methode d'analyse dans une sphere de stockage du BUTANE dans la raffinerie d'Alger. Cette methode a été choisie en raison de son pouvoir d'analyser les Modes de Défaillance du système, leurs effets et leur criticité.

### II.7. Présentation de la méthode AMDEC

La méthode qualitative et quantitative d'analyse des modes de défaillance de leurs effets de criticités (AMDEC) est utilisée pour les études de sécurité dans divers domaines. Effectivement, cette méthode permet de mieux comprendre le fonctionnement et les interactions d'un système, en analysant de manière systématique les relations causes-effets. Les données collectées sont employées dans le domaine de la gestion des risques, avec pour principale préoccupation l'obtention d'un niveau de sécurité adéquat pour le fonctionnement du système opérationnel. (6)

#### II.7.1. Définition

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, et de leurs Effets de Criticité) est une méthode d'analyse **preventive** de la sureté de fonctionnement des produits et des équipements, ce principe de prévention repose sur le recensement systématique et l'évaluation des risques potentiels d'erreurs susceptible de se produire à toutes les phases de réalisation d'un produit.

C'est une méthode précieuse qui permet à l'entreprise de valider, tout au long de la construction du produit, sa qualité et sa fiabilité :

- Détecter les défaillances (et leurs effets) d'un produit ou d'un processus ;
- Déterminer les points faibles d'un système et d'y remédier ;
- Préciser les moyens de se prévenir contre certaine défaillance ;
- Fournir une optimisation du plan de contrôle une aide éclairée à l'élaboration de plan d'essai,
- Classifier les défaillances selon certains critères ;
- Définir les actions à entreprendre pour éliminer ces défaillances, réduire leurs effets et pour en empêcher ou en détecter les causes ;
- Documenter le processus du développement ;
- Prendre les décisions de retro conception.

#### II.7.2. Organisation de la méthode AMDEC (7)

Pour une méthode efficace, il faut:

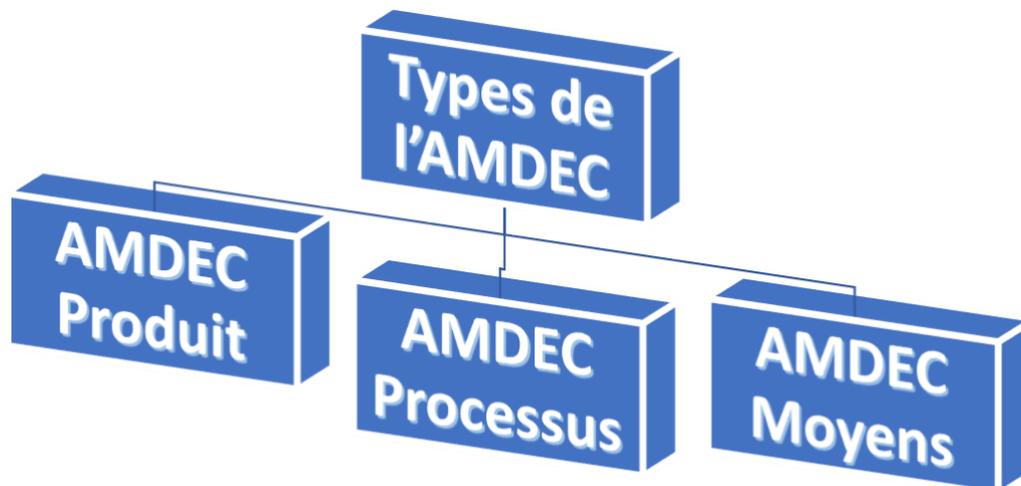
- Bien définir et déterminer le produit/processus à analyser, pour bien cadrer l'étude et éviter de s'égarer dans des considérations inutiles.

- Définir la phase de fonctionnement à analyser.
- Rassembler le maximum de donnée technique.
- Définir l'objectif à atteindre et le champ d'intervention possible.
- Etablir un planning
- Faire un hystérique du fonctionnement concernant le sujet à analyser (retour et plaintes des clients, défauts de fabrication, arrêt de production, ...)

### II.7.3. Types de l'AMDEC

Il existe principalement trois types d'AMDEC qui sont :

- AMDEC Produit
- AMDEC Processus
- AMDEC Moyens de production



-Figure II-11: Types D'AMDEC

- **AMDEC Produit**

Les études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise sont soutenues par l'AMDEC Produit. Elle est utilisée afin d'évaluer les problématiques défauts du nouveau produit et leurs origines. Après avoir évalué tous les défauts potentiels, il sera possible de les corriger en mettant en œuvre des mesures correctives sur la conception et les préventions dans l'industrie

- **L'AMDEC Processus**

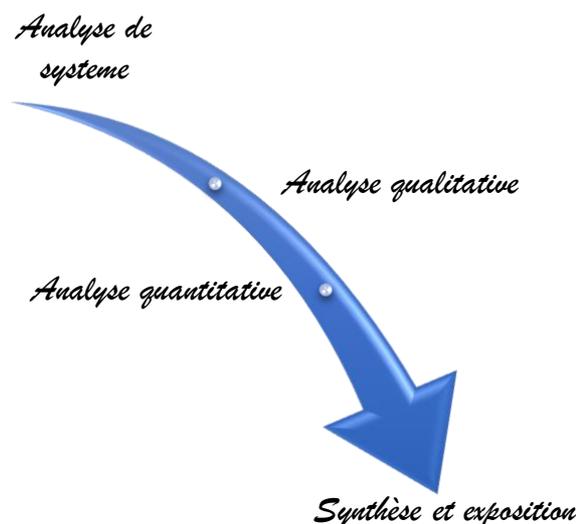
L'AMDEC Processus étudie les conséquences que pourraient créer certaine défaillance pour l'utilisateur du produit et sur l'environnement de production les défaillances seront recherchées en regardant à description du procédé.

- **AMDEC Moyens**

L'AMDEC moyens est aussi appelée AMDEC moyens de production ou AMDEC Machine, elle concerne l'analyse des défaillances liés aux machines. Alors que l'AMDEC procédé a permis d'entrevoir les défauts relatifs au processus de fabrication, l'AMDEC machine permet une analyse une fois que les machines ont été choisies. Comme pour le produit, il est ici possible de mettre en place une AMDEC à différents stades de la conception de cette machine.

### II.7.4. Description de l'enchaînement des opérations

Quatre étapes permettent de décrire la méthode d'analyse des risques de dysfonctionnement d'un système basée sur l'AMDEC.

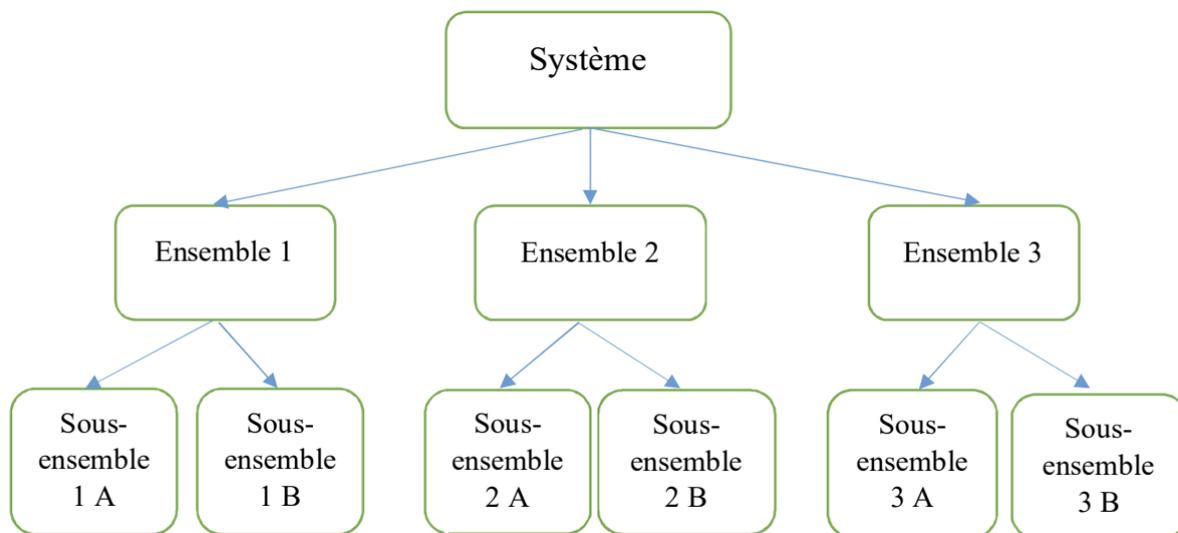


-Figure II-12: Les différents étapes de l'AMDEC

### II.7.4.1. Analyses de système

Elle englobe, la description et la représentation graphique du système étudié ainsi que de ses éléments constitutifs. Les différents niveaux du système sont divisés en blocs fonctionnels sous une forme arborescente. Dans la réalité, l'analyse à niveau élément est utilisée pour chaque sous-ensemble étudié afin d'améliorer la finesse de l'étude. Le diagramme fonctionnel illustre les séquences et les interactions entre les différents éléments.

### II.7.4.2. Analyse qualitative



-Figure II-13:Analyses de système

L'analyse qualitative vise à identifier toutes les formes possibles de dysfonctionnements des opérations du processus étudié, c'est-à-dire le processus, à en identifier les conséquences et à en identifier les origines. On définit les modes de défaillances comme le symptôme qui met en évidence la défaillance.

L'objectif étant de mettre en évidence les défaillances susceptibles d'affecter un système, qui de ce fait, ne peut plus assurer la mission (fonction) pour laquelle il a été conçu.

### II.7.4.3. Analyse quantitative

Elle représente la description des cas de dysfonctionnement du système. L'objectif de l'analyse quantitative est de pouvoir classer les scénarios de défaillances en fonction de leur ordre. Il est essentiel de prendre en compte la criticité (la fréquence des dégradations, la gravité des effets causés et la détectabilité de ces dégradations), de déterminer les périodes de temps entre deux dégradations successives d'un même scénario de défaillance et de stabiliser les dégradations. Les scénarios de défaillances diffèrent les uns des autres.

Les étapes principales de l'analyse quantitative de la criticité sont les suivantes:

- Appellation du scénario analysé.
- Évaluation de la gravité, de l'occurrence et de la détectabilité du scénario pour évaluer sa criticité. La gravité d'un scenario est le résultat de la gravité de l'occurrence et de la reconnaissance.

$C = F * G * N$  • Classement par ordre de gravité décroissante (la gravité la plus élevée correspond à la gravité la plus élevée).

Grâce à l'analyse de criticité, il est possible de classer les différents scénarios.

Avec les experts, il est possible de fixer un seuil de criticité afin de retenir les scénarios les plus critiques.

- **Gravité (G)**

Voir le **Tableau II-2**

*Tableau II-2 Grille de cotation de la gravité*

Niveau	Valeur	Définition
Mineure	1	Aucune influence: -Arrêt de production inférieur à 2 minutes. -Aucune dégradation notable du matériel.
Moyenne	2	Baise de rendement: -Arrêt de production de 2 à 20 min, ou report possible de l'intervention. -Remise en état de courte durée ou petite. réparation su place nécessaire.
Significative	3	Légère altération: -Arrêt de 20 à 60 min. -Changement du matériel défectueux nécessaire. -Retouche du produit (non qualité détecté à la production)
Majeure	4	Arrêt du système: -Arrêt de production de 1 à 2 heures -intervention importante sur sous-ensemble. -Production de pièces non-conformités non détecté.
Catastrophique	5	Mise en danger de la machine et de l'opérateur: -Arrêt de production supérieure à 2 heures. -Intervention lourdes nécessitant des moyens couteux. -impact sur la sécurité du personnel et l'environnement.

Relatif aux conséquences provoquées par l'apparition du mode de défaillance en termes des indices suivants:

- Qualité des pièces produites.

- Sécurité des hommes ou des biens.

- Temps d'intervention qui correspond au temps actif de maintenance corrective

(diagnostique + Réparation ou échange + remise en service). La gravité G est le plus souvent cotée d'un (1) jusqu'à cinq (5).

• **Fréquence (F) :**

Relatif à la fréquence d'apparition de la défaillance, cette fréquence exprime la probabilité combinée d'apparition du mode de défaillance par l'apparition de la cause de la défaillance. La fréquence F allant d'un (1) jusqu'à quatre (4). **Tableau II-3**

Tableau II-3 Grille de cotation de la fréquence

Niveau	Valeur	Définition
<b>Très faible</b>	1	Défaillance peu probable: Moins d'une défaillance par an.
<b>Faible</b>	2	Défaillance possible: Moins d'une défaillance par trimestre.
<b>Moyen</b>	3	Défaillance fréquente : Moins d'une défaillance par semaine.
<b>Elevé</b>	4	Défaillance répétitive : Plusieurs défaillances par semaine.

• **Détection (N):**

Elle relative à la possibilité de détecter la défaillance avant qu'elle ne se produise. La détection N allant d'un (1) jusqu'à quatre (4) **Tableau II-4**

Tableau II-4 Grille de cotation de la détection

Niveau	Valeur	Définition
<b>Détection évidente</b>	1	Défaillance détestable à 100% : -Détection à coup sûr de la cause de défaillance. -Signe avant-coureur évident d'une dégradation. -Dispositif de détection automatique d'incident (alarme)
<b>Détection possible</b>	2	Défaillance détectable : Signe avant-coureur de la défaillance facilement détectable mais nécessite une action particulière de l'opérateur (visite, contrôle visuel)
<b>Détection improbable</b>	3	Défaillance difficilement détectable : - Signe avant-coureur de la défaillance difficilement décelable peu exploitable ou nécessitant une action coudes moyens lourd Ou complexes (appareillage, montage).
<b>Détection impossible</b>	4	Défaillance indétectable : -Aucun signe avant-coureur de la défaillance.

• **Criticité (C) :**

Le produit des indices des critères précédents permet d'obtenir la criticité. Souvent, on établit cette valeur de criticité sur une échelle de 1 à 80 (5\*4\*4), ce qui permet de déterminer à partir de ses propres critères d'évaluation la gravité de chaque cause potentielle de défaillance pour chaque composant d'un système. **Tableau II-5**

Tableau II-5 Niveau de criticité

C	Niveau de criticité
$1 < C \leq 10$	Négligeable
$10 < C \leq 20$	Moyenne
$20 < C \leq 40$	Elevée
$40 < C \leq 80$	Interdite

Lors de l'évaluation de la criticité, il n'est pas nécessaire de considérer les trois (03) critères de gravité, de fréquence et de détection. On peut se contenter des critères de gravité (G) et de fréquence (F), ce qui permet de représenter l'étude à l'aide d'une matrice de criticité ou de sécurité. La matrice met en évidence une zone critique et une zone non critique. Mais, elle présente un défaut car elle ne tient pas compte de la notion de détection.(7)

voir le **tableau II-7**

Tableau II-7 Matrice de criticité

G \ F	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	4	6	8
3	3	6	9	12
4	4	8	12	16
5	5	10	15	20

**Vert** : Zone à risque acceptable.

**Jaune** : Zone de risque devant faire la mesure.

**Rouge** : Zone à risque devant faire l'intervention.

**II.7.4.4. Synthèse et exposition des résultats:**

Dans cette étape, il est nécessaire de faire un bilan de l'étude, de dresser une liste des points clés et de fournir les informations nécessaires pour définir et mettre en place, par ordre de priorité, les mesures correctives et les recommandations, telles que:

- La fiabilité des points sensibles peut être améliorée en utilisant la redondance ou une technologie plus fiable pour les composants ou les sous-systèmes.
- Un entretien préventif systématique et méticuleux.
- La maintenance préventive conditionnelle et le contrôle non destructif sont utilisés pour superviser les points essentiels.

**II.7.5. Tableau générale AMDEC**

SYSTEME:			Sous-système:				Tableau			
Composant	Fonctions et état	Modes de défaillances	Causes de la défaillance	Effets de la défaillance	Moyen de détection	Criticité				Actions préventives
						F	G	N	C	

Voir le **tableau II-8**

### II.7.6. Place de l'AMDEC dans une démarche de maitrise des risques (8)

Si on fait le bilan des expériences réussies ici et là, on trouvera l'AMDEC à pratiquement tous les stades du cycle de vie d'un système. Toutefois, on peut souligner le caractère à peu près. incontournable de L'AMDEC à la fin de la conception, à la charnière avec la réalisation ou l'exploitation et la maintenance.

En effet, quand le système est décrit de façon précise, les composants choisis, l'AMDEC s'applique à merveille pour compléter la connaissance des fonctionnements (fonctionnements souhaités décrits par la conception) avec les fonctionnements non souhaités, mais inévitables du fait qu'aucun composant n'est infallible.

Il faut bien prendre en compte ce qui peut résulter des défaillances des composants choisis.

## II.8. Simulation PHAST.

### II.8.1. Présentation du logiciel de simulation PHAST

Le logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool), est un outil d'analyse des risques, Il examine le processus d'un éventuel incident depuis la fuite initiale jusqu'à la dispersion atmosphérique en champ lointain, y compris la modélisation de l'épandage et de l'évaporation de flaque. PHAST est capable de simuler les différents scénarios de libération tels que les fuites, les ruptures des canalisations... (9)

Un modèle de dispersion intégré, également connu sous le nom d'UMD (Unified Dispersion Model), permet de calculer différents résultats de conséquences (10)

- Comportement du nuage
- La transition à travers différents étapes telles que la phase de jet, phase lourde, phase de transition et la phase de dispersion passive,
- Les distances de sécurité correspondant aux seuils toxiques
- L'empreinte du nuage à un moment donné.

⇒ logique des PHAST offre la possibilité de :

- Faciliter la réalisation des études de risque.
- Faciliter les études visant à diminuer les dépenses liées aux pertes et aux assurances.
- Favoriser l'amélioration de l'architecture du site et des méthodes.
- Contribuer à la conformité de l'industrie à la législation.

Pour représenter les conséquences :

- Il permet aux utilisateurs de mieux comprendre les dangers potentiels.

- Les mises à jour régulières du logiciel intègrent les dernières avancées et connaissances dans le domaine.

## II.9. Différents types de modélisation (12)

PHAST peut modéliser les phénomènes des feux et des radiations thermiques suivants :

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

Aussi il peut modéliser les explosions comme :

- TNT équivalent
- Multi-énergie

Tel 'que la modélisation de effets toxique il sert de calculer la distance de la concentration toxique et la dose.

## II.10. Conditions météorologiques

Voire le tableau II-9

*Tableau II-9 Conditions météorologiques*

<b>Condition</b>	<b>5D</b>
Stabilité	Classe neutre
Vitesse de vent	5m/s
Température extérieure	20 C
Température du sol	20 C
Flux solaire	0.5Kw/m2
Humidité relative	70%
Parametre de rugosité	0.17

### **II.11. Conclusion:**

Une bonne maîtrise des méthodes AMDEC et PHAST prépare le terrain pour une simulation approfondie dans le prochain chapitre. En appliquant ces techniques à des situations réelles ou imaginaires. Le passage à la simulation dans le prochain chapitre permettra de mettre en pratique cette maîtrise à travers des applications concrètes, ce qui renforcera la solidité et la résistance des systèmes étudiés.

# **CHAPITRE.III. Application de la méthode AMDEC et l'logicielle PHAST sur la sphère de stockage du BUTANE**



### III.1. Introduction

Dans ce chapitre, la méthode AMDEC a été utilisée dans une installation de stockage de gaz butane. Des problèmes ont été identifiés avec des propositions préventives pour cette installation. Ensuite, Nous simuler avec logiciel PHAST les conséquences d'une explosion dans la RAFFINERIE D'ALGER.

Tout d'abord, nous avons identifié les sous-systèmes comme illustré ci-dessous.

**Voir la Figure III-1**



*-Figure III-1: sphère de stockage du Butane(911-S-006)*

### III.2. Description des sous-systèmes

Les figures ci-après représente le corps de la sphère du Butane (911-S-006)

Dans notre système on distingue six (06) sous systèmes qui sont présenté en détail ci-dessous

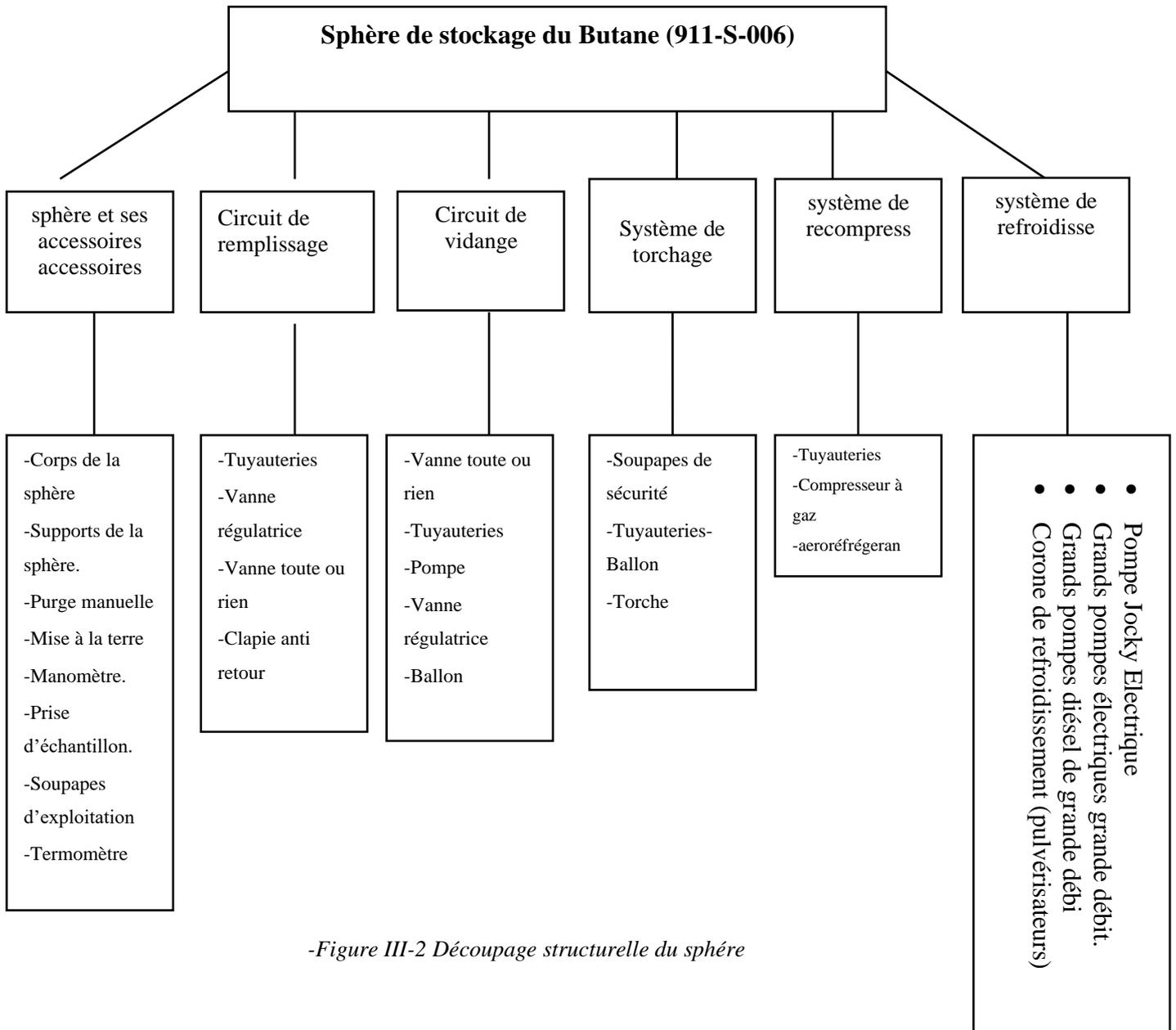
- **Sous-système 01 sphère et ses accessoires :**

- ⇒ Corps de la sphère (tôles en acier).
- ⇒ Supports de la sphère.
- ⇒ Mise à la terre et parafoudre.
- ⇒ Manomètre.

- ⇒ Prise d'échantillon.
- ⇒ Soupapes d'exploitation
- ⇒ Thermomètre.
- **Sous-système 02 : Circuit de remplissage**
  - ⇒ Tuyauteries
  - ⇒ Vanne régulatrice
  - ⇒ Vanne toute ou rien
  - ⇒ Clapie anti retour
- **Sous-système 03 : Circuit de vidange**
  - ⇒ Vanne toute ou rien
  - ⇒ Tuyauteries
  - ⇒ Pompe
  - ⇒ Vanne régulatrice
  - ⇒ Ballon
- **Sous-système 04 : Système de torchage**
  - ⇒ Soupapes de sécurité
  - ⇒ Tuyauteries
  - ⇒ Ballon
  - ⇒ Torche
- **Sous-système 05 : système de recompression**
  - ⇒ Tuyauteries
  - ⇒ Compresseur à gaz (Holding compressor)
  - ⇒ Aéroréfrigérant
- **Sous-système 06 : système de refroidissement :**
  - ⇒ Pompe Jocky Electrique
  - ⇒ Grands pompes électriques grande débit.
  - ⇒ Grandes pompes diesel de grand débit
  - ⇒ Tuyauteries
  - ⇒ Corone de refroidissement (pulvérisateurs)

### III.3. Découpage structurelle du sphère:

Le découpage de nos sous-systèmes dans la **figure III-2**



-Figure III-2 Découpage structurelle du sphère

### III.4. Tableaux Analyses AMDEC

#### III.4.1. Analyse AMDEC pour le SS1 (sous-system1)

Le tableau III-1 représent l'analyse AMDEC pour le sous-système 1

Tableau III-1 Analyses AMDEC pour le sous-système 1

SYSTEME : STOCKAGE Butane			Sous-système 01 : sphère et ces accessoires						Tableau :01	
Composant	Fonctions et état	Modes de défaillances	Causes de la défaillance	Effets de la défaillance	Moyen de détection	Criticité				Actions Préventives
						F	G	N	C	
Corps de la Sphère 911-S-006 Volume=2800m	Stockage du BUTANE	Fissure.	-Corrosion interne/ou externe. -Foudre.	Fuite. Endommagement de la sphère	Détecteurs de niveau et de pression.	1	4	2	8	Calcul de l'épaisseur de corrosion chaque année
		Ecrasement	Détérioration de Corp. Dépression rapide.	BLEVE possible	Détection visuelle	1	4	1	4	Inspection routinière.
		Rupture	Surpression	Ouverture des soupapes. BLEVE	Détection visuelle	1	4	2	8	Peinture de type thermolag.
Supports de la sphère (10 supports)	Supporté le corps de la sphère.	Détérioration	- Séisme. - Erreurs de construction. - Glissement de terrain.	Déformation de la sphère. Répture catastrophique	Détection visuelle. Control par les experts	1	2	1	2	Test RdM périodique
		Perte D'équilibrage	- Glissement de terrain.	Fissure de la sphère peut conduire à un BLEVE.	Détection visuelle.	1	5	2	10	Conditions de la plate-forme étudiée.

SYSTEME : STOCKAGE Butane			Sous-système 01 : sphère et ces accessoires				Tableau :01			
Composant	Fonctions et état	Modes de défaillances	Causes de la défaillance	Effets de la défaillance	Moyen de détection	Criticité				Actions Préventives
						F	G	N	C	
Soupapes D'exploitation	Évacuation gaz en cas de surpression	Ne s'ouvre pas.	Colmatage des éléments de soupape. - corrosion et érosion des éléments de soupape - perte d'élasticité du ressort de la soupape	-Surpression de la sphère. -Fuite. -Incendie. <b>-BLEVE.</b>	Détection visuelle. détecteur de zone Radius® BZ1	3	4	2	24	Maintenance préventive ou curative. - changement en cas de défaillance.
	Fermée en Fonctionnement normal	Ne s'ouvre pas.	-Colmatage des éléments de soupape. - Corrosion et érosion des éléments de soupape. - Perte d'élasticité du ressort de la soupape	-Surpression de la sphère. -Fuite. -Incendie. -BLEVE.	Détection visuelle. Détecteur de zone Radius® BZ1	2	4	2	16	-maintenance préventive ou curative. - changement en cas de défaillance.
La mise à la Terre et le Parafoudre	Évacuation des charges électriques statiques ou foudres vers la terre	Grande Résistance de la terre	Profondeur de puits non suffisant. Traitement de puits Non conforme.	Accumulation des Charges statiques Causer l'étincelle.	Détection visuelle	1	1	1	1	Procédure d'installation. Respectée.
		Mauvaises liaisons dans le réseau de mise à la terre.	-Mauvais choix des Câbles. -Mauvais serrage des boulant.	Accumulation des Charges statiques Causer l'étincelle.	Détection visuelle.	1	1	1	1	Changement en cas de Défaillance Vérification périodique

SYSTEME : STOCKAGE Butane			Sous-système 01 : sphère et ces accessoires					Tableau :01		
Composant	Fonctions et état	Modes de défaillances	Causes de la défaillance	Effets de la défaillance	Moyen de détection	Criticité				Actions Préventives
						F	G	N	C	
Prise D'échantillon	Évacuation du gaz	Ne s'ouvre pas	Corrosion	-Fuite Légère -Dépression	Détection visuelle BZ1	1	2	1	2	Changement en cas de défaillance
Manomètre	Indication Delà pression	Pas d'indication.	- Bouchage. - Défaillance de Bobinage - Défaillance de transmetteur.	- Pression inconnue. - Surpression ou dépression du cigare non détecté.	- Distribué Control System - Détection Sur site.	2	1	1	2	Changement en cas de défaillance.
		Indication erronée	- Bouchage. - Défaillance de bobinage de manomètre. - Défaillance de transmetteur.	- Pression inconnue. - Surpression ou dépression du cigare non détecté.	- Distributed Control System - Détection sur site.	1	4	2	8	Changement en cas de défaillance.
Thermomètre	Température	- La mesure est erronée	Percement du capillaire.	- Augmentation de température de la paroi de la sphère. - Surpression de la sphère.	Distribué Control System	3	3	2	18	Changement (en cas de défaillance)

III.4.2. Analyse AMDEC pour le SS2

Le tableau III-2 représent l'analyse AMDEC pour le sous-système 1

Tableau III-2 Analyses pour le sous-système2

SYSTEME : STOCKAGE BUTANE			Sous-système 02 : Remplissage sphère						Tableau 2	
Composant	Fonctions et état	Modes de défaillances	Causes de la défaillance	Effets de la défaillances	Moyen de détection	Criticité				Actions préventives
						F	G	N	C	
Tuyauteries	Circulation GPL à stocker.	Fissure	- Corrosion interne et/ou externe - Surpression. - Chocs mécaniques. - Mauvaise soudure de liaison.	Fuite.  Pollution de L'environnement.  Formation d'une flaque.	Détection visuelle. - Débitmètre.	1	4	1	4	Maintenance (Peinture, Injection des inhibiteurs de corrosion). Inspection journalière (Détection des fuites). Choix de matériau.
		Rupture	- Vieillessement. - Travaux	Fuite importante de GPL en état Gazeus. (Zone critique au feu).	Détecteur de zone Radius® BZ1	1	4	1	4	Maintenance (Peinture, Injection des inhibiteurs de corrosion). Inspection journalière (Détection des fuites). Choix de matériau.
Vanne régulatrice	Réglage du niveau de GPL au ballon.	Blocage.	- Perte d'élasticité du ressort.	Fuite de GPL	Détecteur de zone Radius® BZ1	2	3	3	18	- maintenance. -changement en cas de défaillance.

SYSTEME : STOCKAGE BUTANE			Sous-système 02 : Remplissage sphère						Tableau 2	
Composant	Fonctions et état	Modes de défaillances	Causes de la défaillance	Effets de la défaillances	Moyen de détection	Criticité				Actions préventives
						F	G	N	C	
Vanne toute ou rien	Assurer le passage du GPL	Blocage	- Corrosion. - Percement de la membrane.	Sur-remplissage.	Détection visuelle. - Débitmètre.	2	3	2	12	Maintenance préventive.
Clapie anti retour	Assurer le passage du GPL	Fissure	Corrosion interne et/ou externe	Fuite importante de GPL en état gazeuse	Détection visuelle.	2	2	2	8	Maintenance (Peinture, Injection des inhibiteurs de corrosion). Inspection journalière (Détection des fuites). Choix de matériau.
		Rupture	Chocs mécaniques. Mauvaise soudure de liaison. Vieillessement. Travaux	Fuite. Pollution de L'environnement. Formation d'une flaque.	Débitmètre	2	3	2	12	Maintenance (peinture, Injection des inhibiteurs de corrosion). Inspection journalière (Détection des fuites). Choix de matériau.

### III.4.3. Analyse AMDEC pour le SS3

Le tableau III-3 représente l'analyse AMDEC pour le sous-système 3

Tableau III-3 Analyses pour le sous-système 3

SYSTEME: STOCKAGE BUTANE			Sous-système 03: circuit de vidange						Tableau: 03	
Composant	Fonctions et état	Modes de défaillances	Causes de la défaillance	Effets des défaillances	Moyen de détection	Criticité				Actions préventives
						F	G	N	C	
Vanne régulatrice	Réglage du débit.	Blocage	Corrosion. - perte d'élasticité du ressort.	Défaillance de la Pompe(surcharge).	Visuelle	2	2	2	8	maintenance. -changement (en cas de défaillance).
Ballon	assurer l'aspiration des pompes.	fissure.	surpression.	- Fuite. - dépression du ballon	manomètre	2	3	2	12	Revision décennale (test hydrostatique)

### III.4.4. Analyse AMDEC pour le SS4

Le tableau III-4 représent l'analyse AMDEC pour le sous-système 4

Tableau III-4 Analyses pour le sous-système 4

SYSTEME: STOCKAGE BUTANE			Sous-système 04: système de torchage						Tableau: 04	
Composant	Fonctions et état	Modes de défaillances	Causes de la défaillance	Effets des défaillances	Moyen de détection	Criticité				Actions préventives
						F	G	N	C	
Soupapes de sécurité	Évacuation de gaz en cas de surpression. - fermée en fonctionnement normal. -ouverte si la Pression supérieure à 16,75 bars	Ne s'ouvre pas.	- colmatage des éléments de soupape.	Fuite Explosion.	Détection visuelle.	2	2	2	8	Maintenance préventive ou curative. - changement en cas de défaillance.
			- corrosion\érosion des éléments de soupape. - perte d'élasticité du ressort de la soupape.	Fuite. Explosion	Débitmètre	2	3	2	12	Maintenance préventive ou curative. - changement en cas de défaillance
Tuyauteries	Circulation GPL à stocker.	Fissure.	Corrosion interne et externe. - surpression.	Fuite. - dépression des tuyauteries SS4	Détection visuelle. Débitmètre	1	4	1	4	Peinture. - injection d'inhibiteur de corrosion
Ballon	Assurer l'aspiration des pompes.	Fissure.	- Surpression.	- fuite. - dépression du ballon	Visuelle (manomètre)	2	3	2	12	Révision décennale (test. Hydrostatique) - assurer une bonne fixation de la torche

SYSTEME: STOCKAGE BUTANE			Sous-système 04: système de torchage						Tableau: 04	
Composant	Fonctions et état	Modes de défaillances	Causes de la défaillance	Effets des défaillances	Moyen de détection	Criticité				Actions préventives
						F	G	N	C	
Torche	Brûler les gaz torcher. Allumer 24/24h.	Fissure.	- Engorgement. - Coups de béliers.	Défaillance de SS4.	Ditection Visuelle	2	3	2	12	Révision décennale (test. hydrostatique) - Assurer une bonne fixation de la torche
		Rupture.	- Engorgement. - Coups de béliers.	Défaillance de SS4.	Ditection Visuelle	2	3	2	12	- Assurer une. bonne fixation de la torche

### III.4.5. Analyse AMDEC pour le SS5

Le tableau III-5 représent l'analyse AMDEC pour le sous-système 5

Tableau III-5 Analyses pour le sous-système 5

SYSTEME: STOCKAGE PROPANE			Sous-système 05: système de recompression						Tableau 05	
Composant	Fonctions et état	Modes de défaillances	Causes de la défaillance	Effets des défaillances	Moyen de détection	Criticité				Actions préventives
						F	G	N	C	
Tuyauteries	Transfert de GPL.	Fissure.	Corrosion interne et externe.	- Fuite. - Dépression des tuyauteries SS5	Détection visuelle.	1	4	1	4	- Peinture. - Injection d'inhibiteur de corrosion
			Surpression.	- Fuite. - Dépression des tuyauteries SS5	Débitmètre	1	4	1	4	- Peinture. - Injection d'inhibiteur de corrosion
Compresseur à gaz Holding compresseur	Compression de GPL.	Arrêt.	Surchauffant électrique (circuit ou bien moteur électrique).	Arrêt de SS5.	Suppression de la sphère	2	3	2	12	Maintenance préventive
Aerorefrigerant	Refroidie le GPL sortant Du compresseur.	-Arrêt moteur. -Défiance mécanique et électrique (poulé, couroi...)	Arrêt de moteur. Corrosion.	Arrêt de SS5. <b>BLEVE</b>	Détection visuelle.	3	4	3	36	Maintenance préventive

### III.4.6. Analyse AMDEC pour le SS6

Le tableau III-6 représent l'analyse AMDEC pour le sous-système 6

Tableau III-6 Analyses pour le sous-système 6

SYSTEME: STOCKAGE PROPANE			Sous-système: système de refroidissement						Tableau 06	
Composant	Fonctions et état	Modes de défaillances	Causes de la défaillance	Effets des défaillances	Moyen de détection	Criticité				Actions préventives
						F	G	N	C	
Pompe Jockey Electrique.	Maintient la pression de réseau incendie à 11,7 bars.	Arrêt de la pompe.	Forte cavitation Défaut mécanique (Moteur) Perte d'alimentation électrique.	Diminution de pression de réseau incendie. Débit d'extinction non suffisant.	Manomètre. Débitmètre. DCS.	2	2	1	4	Maintenance inspection journalier (détection des fuites). Choix du modèle
Grands pompes électriques grande débit	Maintient la pression de réseau incendie à 14 bars.	Arrêt de la pompe	Forte cavitation défaut mécanique, Défaut électrique (Moteur), Perte d'alimentation électrique.	Diminution de pression de réseau incendie. Débit d'extinction non suffisant.	Manomètre. Débitmètre. DCS.	2	2	1	4	Maintenance Inspection journalier (détection des fuites). Choix du modèle
Vanne régulatrice	Réglage du débit.	Blocage.	- corrosion. perte d'élasticité du ressort.	- défaillance de la Pompe(surcharge).	Détection visuelle	2	2	1	4	- maintenance. - changement (en cas de défaillance)

SYSTEME: STOCKAGE PROPANE			Sous-système: système de refroidissement						Tableau 06	
Composant	Fonctions et état	Modes de défaillances	Causes de la défaillance	Effets des défaillances	Moyen de détection	Criticité				Actions préventives
Grands pompes diesel grande débit	La pression de réseau incendie à 14 bars.	Arrêt de la pompe	Forte cavitation défaut mécanique, défaut électrique (moteur), Perte d'alimentation électrique. Corrosion. Perte d'élasticité du ressort.	Diminution de pression de réseau incendie. Débit d'extinction non suffisant.	Manomètre. Débitmètre. DCS.	2	2	1	4	Maintenance inspection journalier (détection des fuites). Choix du modèle
Tuyauteries	Transfert d'eau.	Fissure.	Corrosion interne et externe.	- Fuite. - dépression des tuyauteries de SS6.	Détection visuelle Débitmètre	2	2	1	4	Peinture.
Corone de refroidissement (pulvérisateurs)	- assurer la Pulvérisation d'eau	Bouchage.	- Dépôt de calcaire. - Corrosion.	- arrêt de SS6. - Augmentation de la température	Détection visuelle	3	4	2	24	- Nettoyage -changement (en cas de défaillance).
		Fissure	- Dépôt de calcaire. - Corrosion.	-Arrêt de SS6. -fuit	Détection visuelle	2	4	2	16	Nettoyage -changement (en cas de défaillance).

### III.5. Interprétations:

Grâce aux tableaux AMDEC (Tableau III.1,2,3,4,5,6) nous avons pu ressortir toutes les pannes associées au système étudié (sphère). En même temps, la méthode d'analyse AMDEC a donné la possibilité de ranger les niveaux fonction de leurs gravités, de mode de défaillance de leurs fréquences d'occurrence et de leurs non-détections.

Selon l'étude de la gravité des événements présentée dans les tableaux III-1 et 5, le BLEVE se présente comme l'événement le plus redoutable et le BLEVE est l'évènement dangereux dans une sphère et sa gravité se manifeste par des répercussions catastrophiques sur les personnes, les installations et l'environnement, entraînant d'importantes pertes, ce qui le place dans la catégorie de gravité 4. Malgré sa rareté, il est important de mentionner que les causes possibles de cet événement, comme la fissuration ou la rupture de la paroi de la sphère ou encore la surpression causée par un remplissage excessif (surremplissage). Il est donc placé dans la zone critique, ce qui constitue un risque inacceptable. C'est pour cela qu'il est nécessaire d'utiliser une technologie plus sécurisée pour évaluer le risque tel que le logiciel PHAST afin de pouvoir détecter les cercles des risques.

### III.6. Simulation PHAST

#### III.6.1. Conditions météorologiques

L'ogiciel PhAST nécessite le calcul de dispersion des nuages gazeux, les conditions atmosphériques pour déterminer les zones touchées sont le vent de 5m/s avec une atmosphère stable (5/D).

Et pour évaluer les conséquences éventuelles de chaque scénario, il est nécessaire de déterminer la taille de chacune de ces zones à risques situées autour des installations en question.

#### III.6.2. Scénarios retenus

Le tableau et la figure suivants présentent le scénario choisis et le site de simulation (**Tableau III-7 et Figure III-3**)

Le scénario considère un BLEVE BLEST d'une sphère du butane dans la raffinerie d'Alger

*Tableau III-7 Le scénario retenu*

Scénario	Description
<b>1</b>	<b>Fuite de gaz à cause d'une corrosion</b>

Les figures suivantes indiquent le lieu où a été modélisé chacun des deux scénarios.



-Figure III-3 Le site de simulation

### III.6.3. Caractéristiques du terme source :

Le **tableau III.8** ci-dessous représente les caractéristiques de la sphère.

*Tableau.III-8 Caractéristique du sphère*

Paramètre	Valeurs
Nom de la Sphère	911-S-006
Volume de la Sphère	2500m <sup>3</sup>
Taux de remplissage	100%
Température de la sphère	38°C
Température ambiant	20°C
Pression max d'exploitation	6.8 bar
Composition du produit	N-butane
Hauteur de la sphère	17.5 m

### III.6.4. Hypothèses retenues

On va d'abord delimiter les differents sites multi-energies dans la carte, voir la **figure III.4**.



Figure III-4 Multi-energie et equipenemt dans le site

Ensuite nous avons choisis des hypotèses a appliquer dans notre instalation « Le sphère de stockage » afin de realiser la simulation de Phast voir le **tableau III.9**. Apres la simulation automatique nous avons obtenus un rapport de BLEVE voir Figure II-5.

Tableau III-9 Hypothèses retenues

<b>Produite</b>	<b>BUTANE</b>
<b>Etat</b>	<b>GAZEAUX (Sphère)</b>
<b>Temperature</b>	<b>38°C (Temperature du sphère)</b>
<b>Pression</b>	<b>7 bar</b>
<b>Volume</b>	<b>2500 metre cube</b>

**Bleve Blast Results**  
**Distance downwind to defined overpressures**  
 The reported overpressures are defined in the explosion parameters

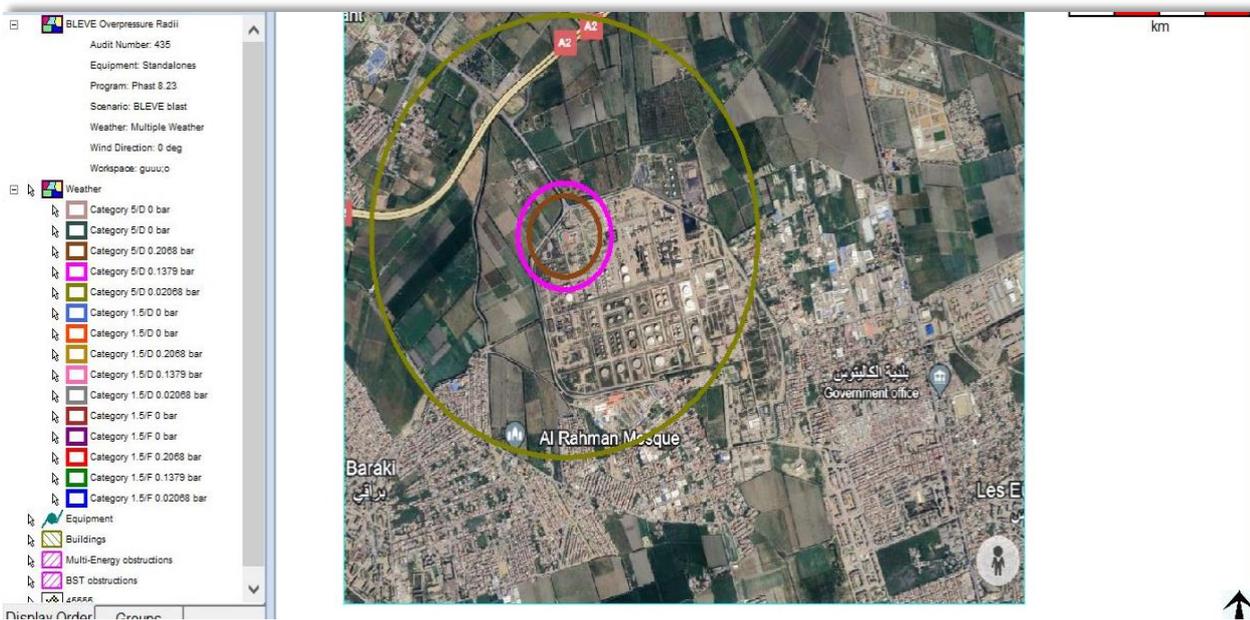
Path	Scenario	Weather	Distance downwind to overpressure 1 (0.02068 bar) [m]	Distance downwind to overpressure 2 (0.1379 bar) [m]	Distance downwind to overpressure 3 (0.2068 bar) [m]
Study\Standalones	BLEVE blast	Category 1.5/F	8495.77	2050.07	1562.09
	BLEVE blast	Category 1.5/D	8495.77	2050.07	1562.09
	BLEVE blast	Category 5/D	8495.77	2050.07	1562.09

**Standalone Explosion Results**  
**Distance downwind to defined overpressures**  
 The reported overpressures are defined in the explosion parameters

-Figure III-5 Le rapport de modélisation

### III.6.5. Résultat sur la cartographie

La figure suivante présente les enveloppes de surpression correspondant aux seuils des (20, 137 et 206) mbar pour la condition atmosphérique 5 (voir la **Figure III.6**).



-Figure III-6 Effet de surpression sur la carte

D'après le graph et le rapport de PHAST on peut conclure :

L'énergie d'explosion, et la distance de surpression pour les seuils : 20, 140 et 210 mbar

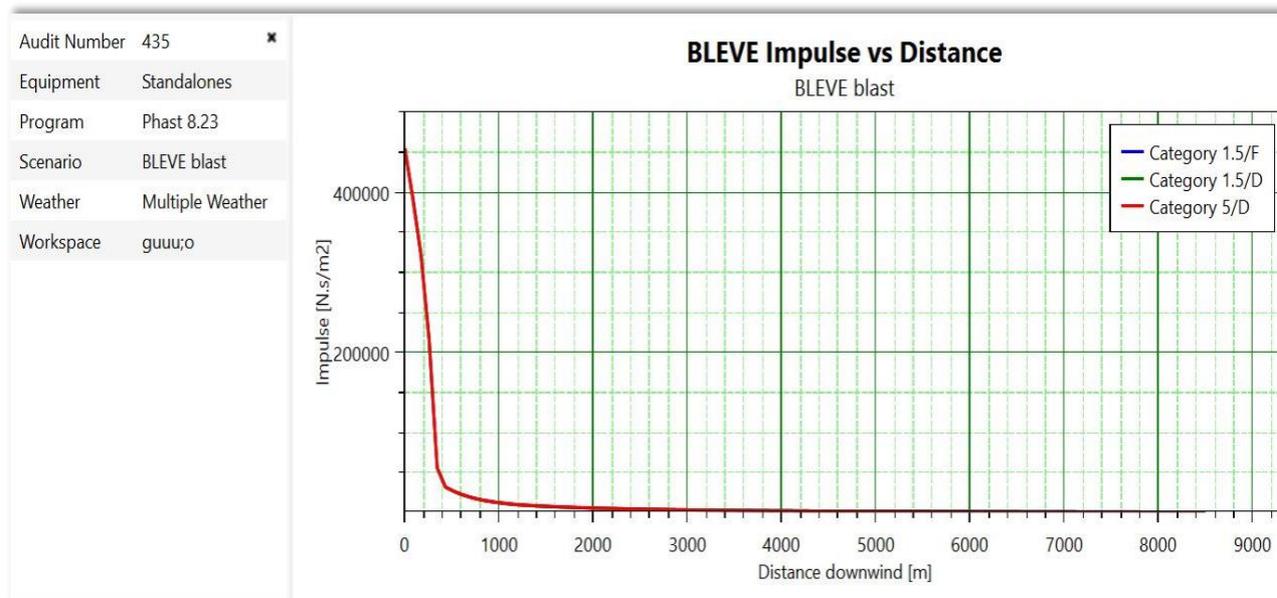
- $E_{expl} = 4.2454E+10$  kJ
- Les distance de surpressions (voire le **tableau III.10**).

Tableau III-10 Les distance de suppression

<b>Seuils des effets mécaniques</b>	20 mbar	137 mbar	206 mbar
<b>Distance atteinte</b>	8495 m	2050 m	1562m

### III.6.6. Impulsion de BLEVE par la distance

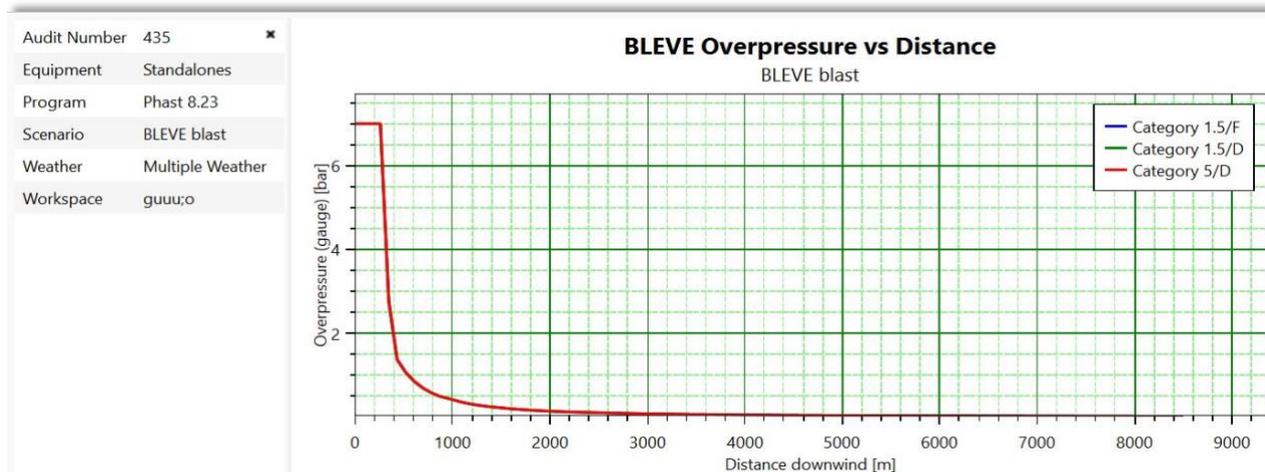
Figure III-7 représente de l'impulsion de l'explosion. On observe que la valeur maximale de l'impulsion d'explosion est de  $42 \times 10^4$  au début de l'accident. Par la suite, on observe une baisse de l'impulsion d'explosion jusqu'à  $25 \times 10^2$  à une distance de 800 mètres. La forme de la courbe reste constante pour une libération continue, tandis que la surpression d'explosion atteint et diminue vers le 0 jusqu'à 8500m.



-Figure III-7 L'impulsion de BLEVE

### III.6.7. Modélisation des effets de surpression

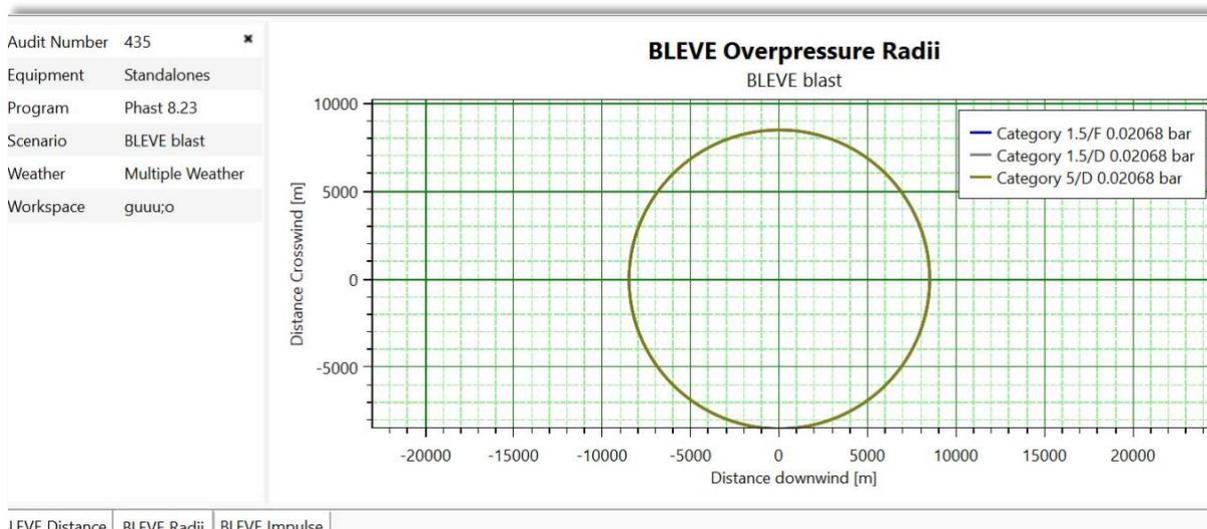
Les effets de surpression sont considérables, avec une pression restreinte à 7 bar jusqu'à 300 mètres, puis elle commence à baisser jusqu'à atteindre la valeur de 0 bar pour une distance supérieure à 4500 mètres (voir la figure III.8).



-Figure III-8 Les zones tochees par les ondes de surpression

### III.6.8. BLEVE overpressure radiation

Représente la zone maximale de radiation et ces effets thermique (voir figure III.9).



-Figure III-9 La zone maximale touché par les radiation de BLEVE

## Interprétation

La simulation PHAST de la sphère de stockage de butane et le scénario de BLEVE montre que la prévention est importante et la préparation aux urgences est nécessaire pour minimiser les risques. Les résultats de la simulation montrent que l'explosion et le BLEVE de la sphère est catastrophique et causant des dégâts humains et matériels significatifs.

Il est nécessaire de mesures de sécurité strictes et de zones de sécurité appropriées pour protéger les personnes et les biens dans les environs.

Cette simulation met en évidence les risques associés aux sphères de stockage de butane et fournit des recommandations essentielles pour la gestion de ces risques telles que :

- Amélioration de la disponibilité des soupapes de sécurité (le suivi périodiques d'un plan de maintenance bien défini).
- Le Maintien des instruments de contrôle et de régulation en bon état de fonctionnement (maintenabilité, fiabilité, testabilité)
- Élimination 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.

## III.7. Conclusion

Grâce à la méthode AMDEC et de la simulation PHAST, il est possible d'obtenir une évaluation complète et rigoureuse des risques liés à la sphère 911-S-006 et ces effets, ce qui permet de mettre en œuvre des stratégies de prévention et de gestion des risques appropriées afin de garantir la protection des individus.

## **Conclusion générale**

L'analyse des risques liés au stockage de butane, effectuée à l'aide des méthodes AMDEC et de la simulation PHAST, a démontré l'importance cruciale de la prévention et de la gestion des risques dans le secteur industriel. Les résultats ont mis en évidence que les explosions et les phénomènes associés, tels que le BLEVE, peuvent causer des dégâts humains et matériels significatifs. Par conséquent, il est impératif d'adopter des mesures de sécurité strictes et de définir des zones de sécurité appropriées. Les recommandations incluent l'amélioration de la disponibilité des soupapes de sécurité, le maintien en bon état des instruments de contrôle et de régulation, et l'élimination des risques de fuites de GPL en prévenant les défaillances mécaniques et la corrosion. En outre, la formation régulière des équipes de maintenance, la sensibilisation accrue des employés, et l'adoption de technologies avancées pour la détection précoce des anomalies sont essentielles. En conclusion, l'utilisation combinée des méthodes AMDEC et de la simulation PHAST s'est révélée être un outil précieux pour renforcer la sécurité et améliorer la fiabilité des systèmes de stockage de butane, contribuant ainsi à la protection des personnes et des biens, et à l'efficacité des opérations industrielles.

## Bibliographies

1. <https://sonatrach.com/raffinage-et-petrochimie>
2. <https://earth.google.com/web/>
3. Référentiel HSE-MS du groupe SONATRACH
4. "Utilisation des Gaz de Pétrole Liquéfié", Organisation Mondiale de la Santé, rapport 2021.
  5. Ait-Kaci, A. (2018). Risk Management in the Oil Industry. 2nd ed. Algerian Petroleum Institute.
  6. Mémoire fin d'étude pour l'obtention du diplôme de MASTER présenté par ADDOUN Abdelkrim (Optimisation de la maintenance par la méthode AMDEC appliquée au ventilateur de l'entreprise ALZINC) université de Tlemcen 2015
  7. Etude AMDEC et mise en place d'un planning de maintenance préventive \_ Application sur un groupe électrogène 300KVA
  8. Boutaleb, K. (2020). "Safety Procedures in Oil Refineries." Journal of Industrial Safety, 4d5(3), 112-120.
  9. National Institute for Occupational Safety and Health. (2021). Chemical Hazards in Refineries. NIOSH. <https://www.niosh.gov/refineries>
  10. World Bank. (2017). Environmental Impact of Refinery Operations. Report No. 12345. World Bank Publications.
11. "Phast User Guide", de DNV GL, dernière édition.
12. Simulation avec le logiciel PHAST des effets d'explosion au niveau du poste gaz de la centrale électrique TG de TIARET 2016