



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle
Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Thème

Elaboration de plan d'attaque pour feu des joints de toits des bacs de stockage au niveau de la raffinerie d'Alger

Présenté et soutenu publiquement par :

MANA Zine Elabidine & LAROUSSI Mohamed

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mme.BELOUFA Khadidja	MAA	IMSI	Présidente
Mme.TALBI Zahera	MCB	IMSI	Encadrante
Mme.SEGUINI Fouzia	MCA	IMSI	Examinatrice
Mr. RADJAH Noureddine	CS	RAFFINERIE D'ALGER	Co - Encadrant

Année 2025/2026

Résumé :

Cette étude porte sur l'élaboration de plans d'attaque pour les feux de joints des bacs de stockage à toit flottant A101 et A106 de la raffinerie d'Alger. L'objectif est de concevoir des scénarios d'intervention rapides et efficaces afin de maîtriser les incendies dès leur déclenchement.

L'étude comprend l'évaluation des flux thermiques, le calcul des besoins en eau et en émulseur, ainsi que la vérification de la conformité des systèmes de protection selon les normes NFPA.

Les résultats ont permis d'établir des fiches d'intervention opérationnelles destinées à optimiser la sécurité du personnel, protéger les installations et assurer la continuité de l'activité de la raffinerie.

Mots-clés : Feu de joint – Bac à toit flottant – Plan d'attaque – Raffinerie d'Alger – NFPA – Sécurité incendie.

الملخص:

تركز هذه الدراسة على تطوير خطط مكافحة حرائق مانعات التسرب في خزانات التخزين ذات السقف

العائم A101 و A106 في مصفاة الجزائر. والهدف هو تصميم سيناريوهات تدخل سريعة وفعالة للسيطرة على الحرائق فور اندلاعها.

تشمل الدراسة تقييم تدفقات الحرارة، وحساب كميات المياه ورغوة الإطفاء المطلوبة، والتحقق من توافق أنظمة الحماية مع معايير الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق.(NFPA)

أدت النتائج إلى وضع إجراءات تدخل تشغيلية مصممة لتحسين سلامة الأفراد، وحماية المنشآت، وضمان استمرارية عمليات المصفاة.

الكلمات المفتاحية: حريق مانع تسرب - خزان ذو سقف عائم - خطة مكافحة حريق - مصفاة الجزائر - الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA) - السلامة من الحرائق.

Abstract

This study focuses on developing fire attack plans for seal fires in floating roof storage tanks A101 and A106 at the Algiers refinery. The objective is to design rapid and effective intervention scenarios to control fires as soon as they ignite.

The study includes the evaluation of heat fluxes, the calculation of water and foam concentrate requirements, and the verification of the protection systems' compliance with NFPA standards.

The results led to the creation of operational intervention procedures designed to optimize personnel safety, protect facilities, and ensure the refinery's operational continuity.

Keywords: Seal fire – Floating roof tank – Fire attack plan – Algiers refinery – NFPA – Fire safety

Sommaire

Résumé :

Sommaire

Liste des figures

Listes des tableaux

Listes des annexes

Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur les risques incendies	4
I.1 Introduction.....	4
I.2 La combustion.....	4
I.2.1 Feu	4
I.2.2 L'Incendie	4
I.2.3 Le triangle du feu.....	4
I.2.4 Un combustible.....	5
I.3 Classe de feu	5
I.4 Types de combustion.....	6
I.4.1 Les Causes des Incendies	6
I.4.2 Les différents modes de propagation	7
I.4.3 Limites d'inflammabilité	7
I.5 L'Explosion	9
I.5.1 Les effets de l'explosion	9
I.6 Atmosphère explosive ATEX.....	10
I.6.1 Conditions minimales de formation d'une Atex	10
I.6.2 Définition des zones Atex	10
I.7 Les phénomènes dangereux.....	10
I.7.1 BLEVE.....	10
I.7.2 Boil-Over.....	11
I.8 Prévenir les risques d'explosion	11
I.9 Conclusion	12
Chapitre II : Présentation de la raffinerie d'Alger	14
II.1 Introduction	14
II.2 Historique	14
II.3 Position géographique de la raffinerie d'Alger	15

II.4 Organigramme de la raffinerie d'Alger	16
II.5 Les principales installations de la raffinerie d'Alger	16
II.5.1 Unité de distillation atmosphérique "Topping" (U100) ADU	16
II.5.2 Unité de séparation des gaz liquéfiés "gaz-plant" (U 300).....	17
II.5.3 Unité d'hydrotraitement des naphtas NHT (U 500).....	17
II.5.4 Unité d'isomérisation des naphtas (U 510).....	17
II.5.5 Unité de reforming catalytique CCR (U 520).....	17
II.5.6 Unité de craquage catalytique RFCC (U 530)	17
II.5.6.1 Les utilités	18
II.5.7 Unité de production d'air (U 781).....	19
II.5.8 La torche (U 791).....	19
II.5.9 Unité de production d'azote (U 810).....	19
II.5.10 Unité de polissage des condensats CPU (U 830)	19
II.5.11 Unité de soude caustique et acide chlorhydrique (U 840).....	19
II.5.12 Unité de traitement des effluents (U 850).....	20
II.5.13 Laboratoire	20
II.5.14 Parc de stockage	20
II.5.15 Stockage Des Gaz (Butane Et Propane)	21
II.5.12 Les Ateliers De Maintenance	21
II.5.13 Salle de contrôle centralisé CCR.....	22
II.6 Le process de raffinage	22
II.6.1 Les différentes étapes de traitement du pétrole brut.....	22
II.7 Conclusion.....	24
Chapitre III : La sécurité dans la raffinerie d'Alger	26
III.1 Introduction.....	26
III.2 Organisation de la sécurité de la raffinerie d'Alger	26
III.3 Organisation du département HSE	26
III.3.1 Service intervention.....	27
III.3.2 Service prévention.....	27
III.3.3 Service environnement	28
III.3.4 Le service intervention	28
III.4 Conclusion	42
Chapitre IV : Les risques liés aux stockages des hydrocarbures	44
IV.1 Introduction.....	44

IV.2 Généralité sur le stockage des hydrocarbures	44
IV.2.1 Définitions et généralités sur le stockage des hydrocarbures	44
IV.2.1.1 But de stockage	44
IV.2.1.2 Parc de stockage	44
IV.2.2 Les principaux éléments constitutifs des bacs	46
IV.2.2.1 Fond de bac	46
IV.2.2.2 Robe de bac	46
IV.2.2.3 Ceinture	46
IV.2.2.4 Toit	47
IV.2.3 Les différents réservoirs de stockage atmosphériques	47
IV.2.3.1 Bacs à toit fixe	47
IV.2.3.2 Bacs à toit flottant	48
IV.2.3.3 Bac à toit fixe à écran flottant	51
IV.2.4 Les équipements de sécurité des bacs	51
IV.2.4.1 Détections d'anomalies	51
IV.2.4.2 Equipements de respiration	52
IV.2.4.3 Protection contre la foudre et l'électricité statique	53
IV.2.4.4 Dispositifs d'injection de mousse dans les bacs	54
IV.3 Risques liés au stockage des hydrocarbures	55
IV.3.1 UVCE (explosion d'un nuage de gaz en atmosphère libre)	56
IV.3.2 BOIL-OVER	57
IV.3.3 Feu de torche	58
IV.3.4 Feu de nappe	59
IV.3.5 Feu de joint de toit flottant	60
IV.3.6 Feu de surface plein de toit	60
IV.4 Conclusion	61
Chapitre V : Elaboration des plans d'attaque	63
V.1 Introduction	63
V.2 Scénarios d'incendie retenus	63
V.2.1 Dans le cas du bac A106	64
V.2.2 Plan d'attaque incendie proposé	72
V.2.3 Etude des scénarios incendies du bac A101	74
V.2.4 Quantité d'eau utilisé pour le refroidissement pour les 02 scénarios	76
V.2.5 Plan d'attaque	77

V.3 Conclusion	80
Conclusion.....	82
Suggestions et Recommandations (Perspectives).....	82
Références bibliographiques.....	85
Annexes.....	87

Liste des figures

Figure 1: Triangle de feu.....	5
Figure 2: Schéma explicatif des limites d'inflammabilité.....	8
Figure 3: La raffinerie d'Alger.....	15
Figure 4: Organigramme de la raffinerie d'Alger.....	16
Figure 5: MS BLOCK.....	17
Figure 6: RFCC	18
Figure 7: Les utilités	19
Figure 8: Distillation du pétrole brut	23
Figure 9: Organigramme du service de l'environnement	28
Figure 10: Lance monitor fixe.....	29
Figure 11: Les couronnes de refroidissement.....	29
Figure 12: Les skids a émulseur fixes.....	30
Figure 13: Injection de mousse dans le bac.....	30
Figure 14: Injection de mousse dans la cuvette.....	31
Figure 15: Déversoir d'injection de la mousse dans le bac à toit flottant.....	31
Figure 16: Canons à mousse.....	32
Figure 17: Motopompes remorquables et tractables.....	33
Figure 18:Le refroidissement des réservoirs impliquées	39
Figure 19: Schéma simplifié de la MGO	40
Figure 20: Déroulement de la procédure d'intervention.....	41
Figure 21: Cuvette de rétention	45
Figure 22: Ceinture de bac	47
Figure 23: Bac a toit fixe.....	47
Figure 24: Réservoirs à toit flottant.....	48
Figure 25: Toit à flotteur unique (simple ponton)	48
Figure 26: Toit à double flotteur (double ponton).....	49
Figure 27: Bague de renforcement.....	49
Figure 28: Joint mécanique	50
Figure 29: Système d'évacuation des eaux de pluie.....	50
Figure 30: bac a toit fixe à écran flottant	51
Figure 31: Exemple de détecteur de gaz dans une cuvette.....	52
Figure 32: Vanne de sécurité.....	52
Figure 33: Les événements.....	53
Figure 34: Protection contre la foudre et l'électricité statique	54
Figure 35: Injection de mousse dans le bac.....	54
Figure 36: Injection de mousse dans la cuvette.....	55
Figure 37: Déversoir d'injection de la mousse dans le bac à toit flottant.....	55
Figure 38: Phénomène d'UVCE.....	56
Figure 39: Phénomène d'UVCE.....	57
Figure 40: BOIL-OVER.....	57
Figure 41: Feu de nappe.....	59
Figure 42: feu de joint de toit flottant	60

Figure 43: feu de surface plein de toit	61
Figure 44: Feu de joint.....	64
Figure 45: feu de toit.....	68
Figure 46: le rayon du rayonnement thermique du bac A106.....	70

Liste des abréviations :

ADU : Atmospheric Distillation Unit (Unité de distillation atmosphérique)

AFFF : Aqueous Film-Forming Foam (Mousse filmogène à base d'eau)

ATEX : ATmosphère EXplosive

BLEVE : Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (Explosion d'un liquide en ébullition en vapeur en expansion)

CCR : Continuous Catalytic Reforming (Reforming catalytique continu)

CO₂ : Dioxyde de carbone

CPP : Centrale de Production Propre

CPU : Condensate Polishing Unit (Unité de polissage des condensats)

DSV : Distillats Sous Vide

EAC : Eau d'Alimentation de Chaudière

ECS : Electrical Control System (Système de contrôle-commande électrique)

ERDP : Entreprise de Raffinage et de Distribution des Produits Pétroliers

ETP : Station de Traitement des Effluents (souvent appelée Effluent Treatment Plant)

GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié

GTG : Gas Turbine Generator (Turbogénérateur à gaz)

HP : High Pressure (Haute pression)

HSE : Hygiène, Sécurité et Environnement

IAP : Institut Algérien du Pétrole

IFPEN : Institut Français du Pétrole Énergies Nouvelles

LDV : Lance à Débit Variable

LIE : Limite Inférieure d'Explosivité

LII : Limite Inférieure d’Inflammabilité

LES : Limite Supérieure d’Explosivité

LSI : Limite Supérieure d’Inflammabilité

MGO : Marche Générale des Opérations

MTBE : Méthyl Tertio-Butyl Éther

NAFTEC : Entreprise nationale de Raffinage de Pétrole (NAFTa Et Chimie)

NFPA : National Fire Protection Association (Norme américaine de protection contre les incendies)

PCI : Poste Central d’Incendie

POI : Plan d’Organisation Interne

RA1G : Raffinerie d'Alger

RPC : Raffinage et Pétrochimie (Activité RPC de SONATRACH)

SEAL : Société des Eaux et de l’Assainissement d’Alger

SONATRACH : Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation et la Commercialisation des Hydrocarbures

TK : Tank (Réservoir de stockage)

TRC : Transport par Canalisation (activité SONATRACH TRC)

VPS : Véhicule de Premier Secours

Listes des tableaux

Tableau 1: Différents classes de feu	6
Tableau 2: explicatif des limites d'explosivités	8
Tableau 3: L'historique de la raffinerie d'Alger	14
Tableau 4: Stockage Des Produits Liquides (Réservoir)	20
Tableau 5: Capacité de chaque sphère.....	21
Tableau 6: Le débit des lances monitor fixe	29
Tableau 7: Camions d'intervention.....	32
Tableau 8: Les ambulances	32
Tableau 9: Les extincteurs	33
Tableau 10: Les pièces de jonctions	34
Tableau 11: Le matériel de lutte contre les incendies.....	34
Tableau 12: Les détecteurs de gaz et de fumée	36
Tableau 13: Les bac A106 et A101	64
Tableau 14:Récapitulatif des paramètres de calcul, des débits, des hauteurs de mousse générées et des quantités d'eau et d'émulseur nécessaires pour l'extinction d'un feu de joint annulaire sur bac A106	67
Tableau 15: Résultats des calculs relatifs au scénario de feu de surface (submersion du toit flottant).....	69
Tableau 16: Données géométriques et paramètres de calcul des besoins en eau de refroidissement	71
Tableau 17: les résultats obtenue grâce a l'étude sur le bac A106	74
Tableau 18: Récapitulatif – Feu de joint annulaire du bac A101(1er scénario).....	75
Tableau 19: Récapitulatif – Scénario de feu de surface du bac A101 (2ème scénario).....	76
Tableau 20: Résultats des calculs relatifs au refroidissement du bac A106	77
Tableau 21: les résultats obtenue grâce a l'étude sur le bac A101	79

Listes des annexes

Annexe 1: Schéma PID.....	87
Annexe 2: Organigramme de la raffinerie d'Alger	88
Annexe 3: Organigramme du service de l'environnement	89

Introduction générale

Introduction générale

Le raffinage du pétrole est une industrie lourde qui transforme le pétrole brut en une gamme de produits énergétiques tels que les carburants et les combustibles et des produits non énergétiques tels que les matières premières pour la pétrochimie, les solvants pour les peintures, les huiles, les graisses, les paraffines, les cires et les bitumes.

Par conséquent les produits finis issus des opérations de raffinage sont stockés dans des réservoirs conçus et construits d'une manière spécifique et conformément aux normes internationales qui nous permet de prévenir les risques liés au stockage des produits raffinés.

Les bacs à toit flottant sont largement utilisés pour le stockage des produits pétroliers légers tels que l'essence. Bien qu'ils permettent de réduire les pertes par évaporation et les risques liés à l'accumulation de vapeurs inflammables, ils demeurent exposés à certains scénarios d'incendie spécifiques, notamment les feux de joint annulaire et les feux de surface consécutifs à la submersion du toit flottant.

Dans ce contexte, le présent travail porte sur l'étude des risques d'incendie associés aux bacs à toit flottant A101 et A106 situés au niveau du parc de stockage de la raffinerie d'Alger. L'objectif principal est d'évaluer les moyens nécessaires à la maîtrise de ces incendies en déterminant les quantités d'eau et d'émulseur requises pour l'extinction et le refroidissement des installations exposées au rayonnement thermique.

Pour atteindre cet objectif, deux scénarios d'incendie représentatifs ont été retenus pour chaque bac : le feu de joint annulaire et le feu de surface résultant de la submersion du toit flottant. Une analyse détaillée de ces scénarios a été réalisée conformément aux recommandations et aux exigences de la norme NFPA 11 relative aux systèmes de lutte contre les incendies utilisant la mousse.

Ce mémoire est structuré en cinq chapitres :

- **Le premier chapitre** présente des généralités sur les risques d'incendie, les mécanismes de combustion ainsi que les principaux moyens de prévention et de lutte contre l'incendie.
- **Le deuxième chapitre** est consacré à la présentation de la raffinerie d'Alger, de ses principales installations et de son organisation opérationnelle.
- **Le troisième chapitre** traite de la sécurité au sein de la raffinerie d'Alger, en mettant

l'accent sur les moyens de prévention, les systèmes de protection incendie et l'organisation des secours.

- **Le quatrième chapitre** présente les risques liés au stockage des hydrocarbures, les caractéristiques des bacs à toit flottant ainsi que les différents scénarios d'incendie pouvant affecter ces installations.
- **Le cinquième chapitre** est consacré à l'élaboration des plans d'attaque incendie. Il comprend l'étude des scénarios retenus pour les bacs A101 et A106, les calculs des besoins en eau et en émulseur, l'évaluation des moyens disponibles ainsi que la définition des stratégies d'intervention permettant de maîtriser efficacement les incendies étudiés.

Chapitre I

Généralités sur les risques incendies

Chapitre I : Généralités sur les risques incendies

I.1 Introduction :

Ce chapitre vise à présenter les généralités sur l'incendie, en abordant ses principes fondamentaux, les classes de feu, ainsi que les notions essentielles liées aux ATEX et aux phénomènes d'explosion tels que le BLEVE, le **BOILOVER**. Constituent des scénarios accidentels majeurs dans l'industrie, notamment en présence de réservoirs sous pression contenant des liquides inflammables. Ce type d'événement illustre la gravité potentielle des accidents liés aux incendies et aux explosions.

L'ensemble de ces notions constitue un socle fondamental pour la compréhension des phénomènes d'incendie et d'explosion. Elles sont indispensables pour analyser les mécanismes accidentels et permettront de mieux appréhender les développements et les applications qui seront abordés dans la suite de ce mémoire.

I.2 La combustion :

La combustion est une réaction exothermique résultant de la combinaison des combustibles (carbone, hydrogène, soufre...) et comburants (oxygène, chlore...) en fait un seul comburant mis en pratique dans l'air (21% d'oxygène) [1].

I.2.1 Feu :

Est la manifestation visible de la combustion [1].

I.2.2 L'Incendie :

L'incendie est une combustion qui se développe d'une manière incontrôlée dans le temps et l'espace. Elle engendre de grandes quantités de chaleur, des fumées et des gaz polluants, voire dangereux. L'énergie émise favorise le développement de l'incendie [2].

I.2.3 Le triangle du feu :

Pour créer le phénomène de feu, 3 éléments doivent être réunis : Un combustible, Un comburant, Une énergie d'activation. Ces 3 éléments sont reproduits sous la forme d'un triangle du feu :

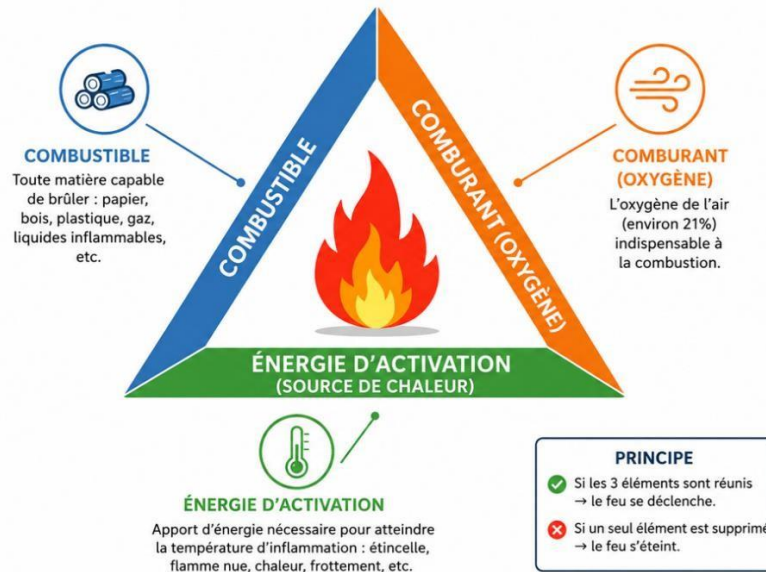


Figure 1: Triangle de feu

I.2.4 Un combustible :

c'est le matériau qui va fournir la matière première en alimentant la combustion. Il peut être : solide (bois, papier, tissus ...), liquide (hydrocarbures...), gazeux (gaz naturel, propane...)

a) Un comburant : c'est en général l'oxygène présent dans l'air ambiant.

b) Une énergie d'activation : c'est la source de chaleur qui fait démarrer la combustion : flammes, électricité, étincelles, chaleur, combustions spontanées, échauffements, frottements mécaniques... [3]

COMBUSTIBLE + COMBURANT + ÉNERGIE D'ACTIVATION = COMBUSTION

Pour éteindre un feu, il suffit de supprimer l'une des parties du triangle :

- ✚ Suppression du COMBUSTIBLE : agir par isolement.
- ✚ Suppression du COMBURANT : agir par étouffement.
- ✚ Suppression de L'ÉNERGIE D'ACTIVATION = : agir par refroidissement.

I.3 Classe de feu :

Les incendies sont classés selon la nature des matériaux combustibles impliqués. Cette classification permet de choisir les moyens d'extinction adaptés et d'assurer une intervention efficace et sécurisée.

Tableau 1: Différents classes de feu

Classe de feu	Description	Exemples de matériaux concernés	Moyens d'extinction recommandés	Précautions
Classe A	Feux de matériaux solides formant des braises	Bois, papier, carton, tissu, paille	Eau pulvérisée, mousse	Refroidir les braises pour éviter la reprise du feu
Classe B	Feux de liquides inflammables ou solides liquéfiables	Essence, alcool, fioul, solvants, goudron	Mousse, poudre ABC/BC, CO ₂	Ne jamais utiliser l'eau car elle peut propager le feu
Classe C	Feux de gaz inflammables	Butane, propane, méthane, hydrogène, acétylène	Poudre spéciale, coupure de l'alimentation en gaz	Risque élevé d'explosion
Classe D	Feux de métaux combustibles	Magnésium, sodium, aluminium, potassium	Poudres spéciales pour métaux	L'eau est interdite à cause des réactions chimiques violentes
Classe F	Feux liés aux huiles et graisses de cuisson	Huiles alimentaires, graisses de friture	Extincteur classe F, couverture anti-feu	Ne jamais jeter d'eau sur une huile enflammée

I.4 Types de combustion :

a) Combustion lente : C'est une combustion sans émission de lumière (par exemple : la combustion dans les décharges d'ordures ménagères). Cette réaction lente est l'oxydation.

b) Combustion vive : Le mélange gazeux (provenant de l'oxygène de l'air et de la distillation du combustible sous l'effet de la chaleur) est dans les proportions idéales. La combustion se manifeste par une émission de lumière et de chaleur. Cette réaction vive est la combustion.

c) Combustion très vive : Le feu se développe violemment en produisant beaucoup de chaleur et avec pression. C'est la déflagration. Cette réaction très vive est la déflagration.

d) Combustion instantanée : C'est la combustion immédiate d'un corps, avec une grande vitesse de propagation (supérieure à la vitesse du son) et une très forte pression. C'est l'explosion [4].

I.4.1 Les Causes des Incendies :

Les causes d'incendie peuvent être rangées dans la catégorie suivante :

a) Causes techniques :

- Thermiques (surfaces chaudes, appareils de chauffage, flammes nues, travaux par point chaud) ;
- Mécaniques (Dysfonctionnement, frottement) ;
- Chimiques (réactions exothermiques, emballement de réaction...) ;

- Biologiques (la fermentation bactérienne peut échauffer le milieu) ;
 - Electriques (la non-conformité des installations ou les surcharges électriques) ;
- b) Causes humaines : Imprudence, erreur, ignorance, oubli, malveillance, négligence.....
- c) Causes naturelles : Soleil, foudre, combustion spontanée....
- d) Causes accidentelles : Cigarette mal éteinte ; Mauvaise utilisation d'un chalumeau... [2]

I.4.2 Les différents modes de propagation :

Un foyer initial peut entraîner un incendie de grande importance en fonction des différents modes de transfert de chaleur. Ces modes de transfert de chaleur sont dus :

- Au rayonnement thermique transmis à distance et absorbé par un corps récepteur. Ce corps chauffé par le rayonnement prendra feu à son tour.
- A la conduction de la chaleur transmise par les matériaux en contact direct avec le foyer d'incendie.
- **A la convection** par le déplacement des gaz chauds de combustion vers l'air ambiant (courants de convection). La chaleur se transmet aux matériaux combustibles qu'il rencontre. Ce déplacement crée également un appel d'air frais vers le foyer et contribue à son activation.
- **Déplacement de combustible** : le feu se propage aussi par le solide, le liquide ou le gaz en combustion :
 - Solide par la projection de braises, débandons...
 - Liquide par épandage, ruissellement...
 - Gazeux, la nappe de gaz peut se déplacer et se renflammer à distance du foyer.

Le principal danger de propagation dans un volume est dû aux fumées :

- Elles sont Chaudes
- Elles sont Opaques
- Elles sont Mobiles
- Elles sont Inflammables
- Elles sont toxiques [4]

I.4.3 Limites d'inflammabilité :

Il existe une zone, appelée zone d'inflammabilité (définie par les limites d'inflammabilité ou d'explosivité) où la propagation de la flamme est possible. En deçà et au-delà de cette zone la combustion ne peut se développer. Le schéma ci-après explicite les limites d'explosivité d'un

gaz combustible.

- a) **Limite inférieure d'explosivité (L.I.E)** d'un gaz ou d'une vapeur dans l'air est la concentration minimale en volume dans un mélange au-dessus de laquelle il peut exploser.
- b) **Limite inférieure d'inflammabilité (L.I.I)** d'un gaz ou d'une vapeur dans l'air est la concentration minimale en volume dans un mélange au-dessus de laquelle il peut être enflammé.
- c) **Limite supérieure d'explosivité (L.S.E)** d'un gaz ou d'une vapeur dans l'air est la concentration maximale en volume dans un mélange en-dessous de laquelle il peut exploser.
- d) **Limite supérieure d'inflammabilité (L.S.I)** d'un gaz ou d'une vapeur dans l'air est la concentration maximale en volume dans un mélange au-dessus de laquelle il peut être enflammé [2].

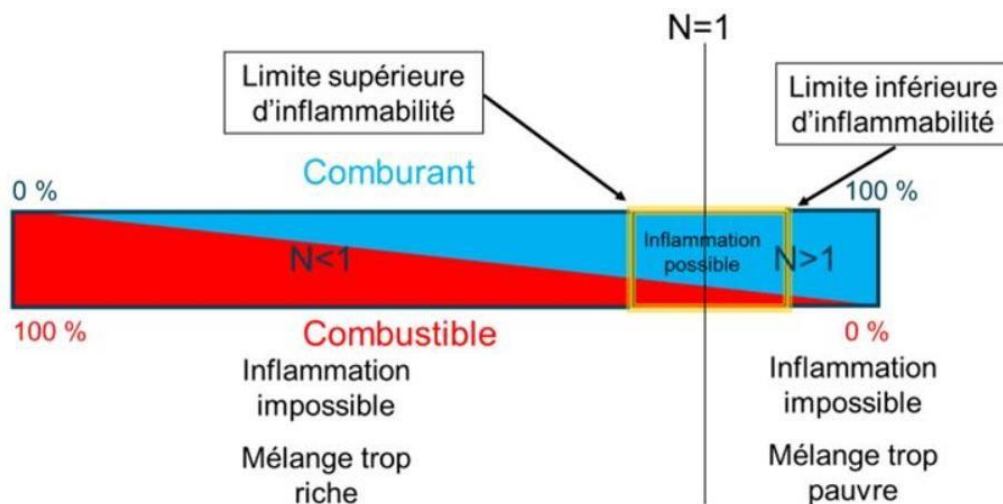


Figure 2: Schéma explicatif des limites d'inflammabilité

Tableau 2: explicatif des limites d'explosivités

Élément	Définition	Conséquence
LIE (Limite Inférieure d'Explosivité)	Concentration minimale de gaz combustible permettant l'inflammation	En dessous : pas de combustion
LSE (Limite Supérieure d'Explosivité)	Concentration maximale de gaz combustible permettant l'inflammation	Au-dessus : mélange trop riche
Zone ATEX	Intervalle entre la LIE et la LSE	Risque d'incendie et d'explosion
Source d'ignition	Énergie capable de déclencher une combustion	Étincelle, chaleur, flamme, arc électrique

e) Point d'éclair ou point de flash :

La température de point d'éclair est la température minimale à laquelle un combustible liquide émet assez de vapeurs pour permettre une courte inflammation en présence d'une flamme. Les vapeurs s'enflamment et s'éteignent aussitôt [5].

f) Point d'inflammation :

C'est la température à laquelle les vapeurs sont émises en quantité suffisante pour alimenter la combustion. Il y a non seulement allumage, mais continuation de la combustion. Le point d'inflammation se situe, de quelques degrés à quelques dizaines de degrés, au-dessus du point d'éclair [5].

g) Point d'auto-inflammation :

Une élévation de température peut amener le mélange combustible à sa température d'auto-Inflammation Le produit s'enflamme alors spontanément en présence d'air, sans présence de flamme ni d'étincelle. L'inflammation survient simultanément en tous les points du mélange gazeux.

Cette élévation de température peut être due :

- À des appareils chauds : fours, échangeurs, tuyauteries, ...
- À des points chauds (sciage mécanique, ou tout simplement du matériel électrique).
- À des échauffements anormaux dus à des frottements ou grippage d'organes de machines : Paliers, garnitures, roulement détérioré, température extérieure d'un boîtier électrique
- À des gaz chauds de combustion.

I.5 L'Explosion :

Une explosion est une libération soudaine et rapide d'énergie qui produit des pressions potentiellement destructives (dommageables). Lorsqu'un combustible gazeux remplit un espace, il doit se mélanger à une certaine concentration air-combustible pour créer une atmosphère explosive (ATEX).

I.5.1 Les effets de l'explosion :

- 1- Dégagement de chaleur,
- 2- Effet de souffle
- 3- Onde de choc
- 4- Surpression.

Ces réactions sont instantanées, difficilement prévisibles, violentes, dévastatrices et souvent meurtrières. Il existe deux types d'explosion.

- L'explosion homogène lorsque l'explosion prend naissance en tous points du mélange : Mélange combustible + comburant en concentration homogène et à température d'auto inflammation.
- L'explosion hétérogène : explosion avec progression de flamme. Elle ne peut avoir lieu qu'entre la L.I.E. et la L.S.E. [1]

I.6 Atmosphère explosive ATEX :

Une atmosphère explosive (ATEX) est un mélange avec l'air, dans les conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs ou poussières dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé [5]

I.6.1 Conditions minimales de formation d'une Atex :

- Atex formée par un gaz : la concentration du gaz dans l'air doit être comprise entre la limite inférieure et la limite supérieure d'explosivité. [5]
- Atex formée par des vapeurs émises par un liquide : le liquide doit être à une température supérieure à son point d'éclair. [5]

I.6.2 Définition des zones Atex :

Zone 0 : Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs ou de brouillard est présente en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment.

Zone 1 : Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs ou de brouillard est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.

Zone 2 : Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou n'est que de courte durée, s'il advient qu'elle se présente néanmoins. [5]

I.7 Les phénomènes dangereux :

I.7.1 BLEVE

Sous l'acronyme BLEVE se cache le phénomène de Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion. Le BLEVE correspond donc à une vaporisation à caractère explosif

Un BLEVE correspond à la ruine complète d'un réservoir pressurisé contenant un liquide dont la température est très supérieure à sa température d'ébullition à la pression atmosphérique.

I.7.2 Boil-Over :

Un boil over 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.

- Feu de nappe :

Le feu de nappe résulte de la présence d'une nappe de liquide inflammable, d'une source d'inflammation et d'un comburant (l'air de l'atmosphère)

- Feu de bac :

Le feu de bac est simplement un feu de nappe généré au niveau de la surface du liquide stocké dans un bac

- UVCE/flash fire :

Un UVCE (unconfined vapour cloud explosion) est un phénomène d'explosion d'un nuage de gaz/vapeurs non confiné. Il s'agit d'un phénomène qui suppose l'inflammation accidentelle d'un nuage ou panache de gaz/vapeurs combustibles mélangés avec l'oxygène de l'air. Suite à l'inflammation, une flamme se propage dans le nuage ou panache et engendre une combustion des vapeurs et une onde de surpression aérienne qui sont susceptibles de produire respectivement des effets de rayonnement thermique et des effets mécaniques.

- L'embrasement généralisé éclair (Flash-over) :

Dans un volume semi-ouvert, passage instantané d'une situation de feu localisé à un embrasement généralisé des matériaux combustibles qui s'y trouvent.

- Backdraft :

Fumées surchauffées, accumulées dans un volume clos explosant lors d'un apport d'air.

I.8 Prévenir les risques d'explosion :

La prévention des risques liés à l'explosion d'ATEX nécessite d'agir le plus en amont possible, notamment au moment de la conception et de l'implantation des locaux ou de la mise en place d'un procédé de production. L'employeur doit tenir compte en premier lieu de la réglementation du Code du travail et éventuellement d'autres réglementations en fonction du type d'établissement.

Trois étapes pour limiter le risque d'explosion :

- ✓ Empêcher la formation d'une atmosphère explosive

Sinon

- ✓ Éviter son inflammation
- ✓ Atténuer les effets de l'explosion (effet de souffle, flammes...)

Ces trois étapes doivent être complétées par des mesures organisationnelles, notamment la formation du personnel [6]

Conséquences de l'explosion :

Une réaction de combustion dans le régime de l'explosion est extrêmement rapide. Elle donne lieu à une augmentation brutale de pression (provoquant un effet de souffle) accompagnée de flammes.

Cette surpression brutale a des effets dévastateurs, aussi bien sur l'homme (rupture du tympan, lésions graves aux oreilles ou aux poumons, décès immédiat) que sur les constructions (bris de vitres, effondrement des murs, dégradation des structures et des installations...).

La zone de flamme peut envahir un volume dix fois supérieur à celui de l'atmosphère explosive initiale. Elle est à l'origine de brûlures pour les personnes et peut rapidement initier un départ d'incendie. [6]

I.9 Conclusion

Après avoir abordé les notions fondamentales liées à l'incendie, notamment les classes de feu, les zones ATEX ainsi que les phénomènes particuliers tels que le BLEVE, il apparaît clairement que la compréhension de ces concepts est essentielle pour analyser les risques associés aux situations accidentelles. Ces éléments théoriques constituent une base indispensable pour l'étude des scénarios d'incendie et d'explosion dans les environnements industriels. Le chapitre suivant sera consacré à la présentation du site sur lequel s'est déroulé ce travail, à savoir une **raffinerie**, afin de mieux comprendre son organisation, ses unités de production ainsi que les risques spécifiques qui y sont associés.

Chapitre II

Présentation de la raffinerie d'Alger

Chapitre II : Présentation de la raffinerie d'Alger

II.1 Introduction :

En Algérie, l'industrie de raffinage est née avec la découverte et la production du pétrole brut de Hassi Massoud. La première unité fut construite sur les lieux même de la découverte qui a été orientée vers la satisfaction des besoins excessifs des sociétés opérantes dans le cadre de la recherche et l'exploitation de brut.

Aussitôt l'indépendance acquise, l'Algérie s'est attachée à l'idée d'accéder au développement économique en avantageant la mise en place d'une industrie pétrolière par la transformation systématique de ses hydrocarbures.

II.2 Historique :

La raffinerie d'Alger « ex NAFTEC » est une filiale de SONATRACH spécialisée dans le raffinage et la distribution des produits pétroliers sur le marché algérien. Elle a été mise en service en février 1964. Le tableau suivant présente l'historique de la raffinerie d'Alger.

Tableau 3: L'historique de la raffinerie d'Alger

Période / Date	Événement	Détails
À l'origine	Intégration du raffinage dans SONATRACH	Activité de raffinage gérée directement par SONATRACH
1982	Création de ERDP-NAFTAL	Séparation du raffinage et de la distribution des produits pétroliers et création de l'Entreprise nationale de raffinage et de distribution des produits pétroliers (ERDP-NAFTAL)
1988	Création de NAFTEC Algérie	Séparation du raffinage de l'activité distribution et création de l'Entreprise nationale de raffinage de pétrole (NAFTEC Algérie)
Avril 1998	Transformation en filiale NAFTEC Spa	NAFTEC devient une filiale détenue à 100% par le Holding raffinage et chimie du groupe SONATRACH, avec un capital social de 12 000 000 000 DA
1964 – 1971	Approvisionnement initial de la raffinerie d'Alger	Approvisionnement par tankers depuis le port pétrolier de Béjaïa vers le port pétrolier d'Alger, puis transport par pipeline de 26'' jusqu'au parc de stockage
À partir de 1971	Changement du mode d'approvisionnement	Mise en place d'un piquage à Beni-Mansour sur la ligne 24'' reliant Hassi-Messaoud, avec un oléoduc de 16'' alimentant la raffinerie
Depuis 1971	Approvisionnement actuel	La raffinerie est alimentée par le pétrole brut de Hassi-Messaoud, caractérisé par une faible teneur en soufre et une richesse en hydrocarbures légers
Extension (après 1971)	Développement des installations de stockage	Extension du parc de stockage comprenant un bac de brut, des bacs de produits finis et semi-finis ainsi qu'une sphère de butane

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

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

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

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

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

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

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



Figure 3: La raffinerie d'Alger

II.4 Organigramme de la raffinerie d'Alger :

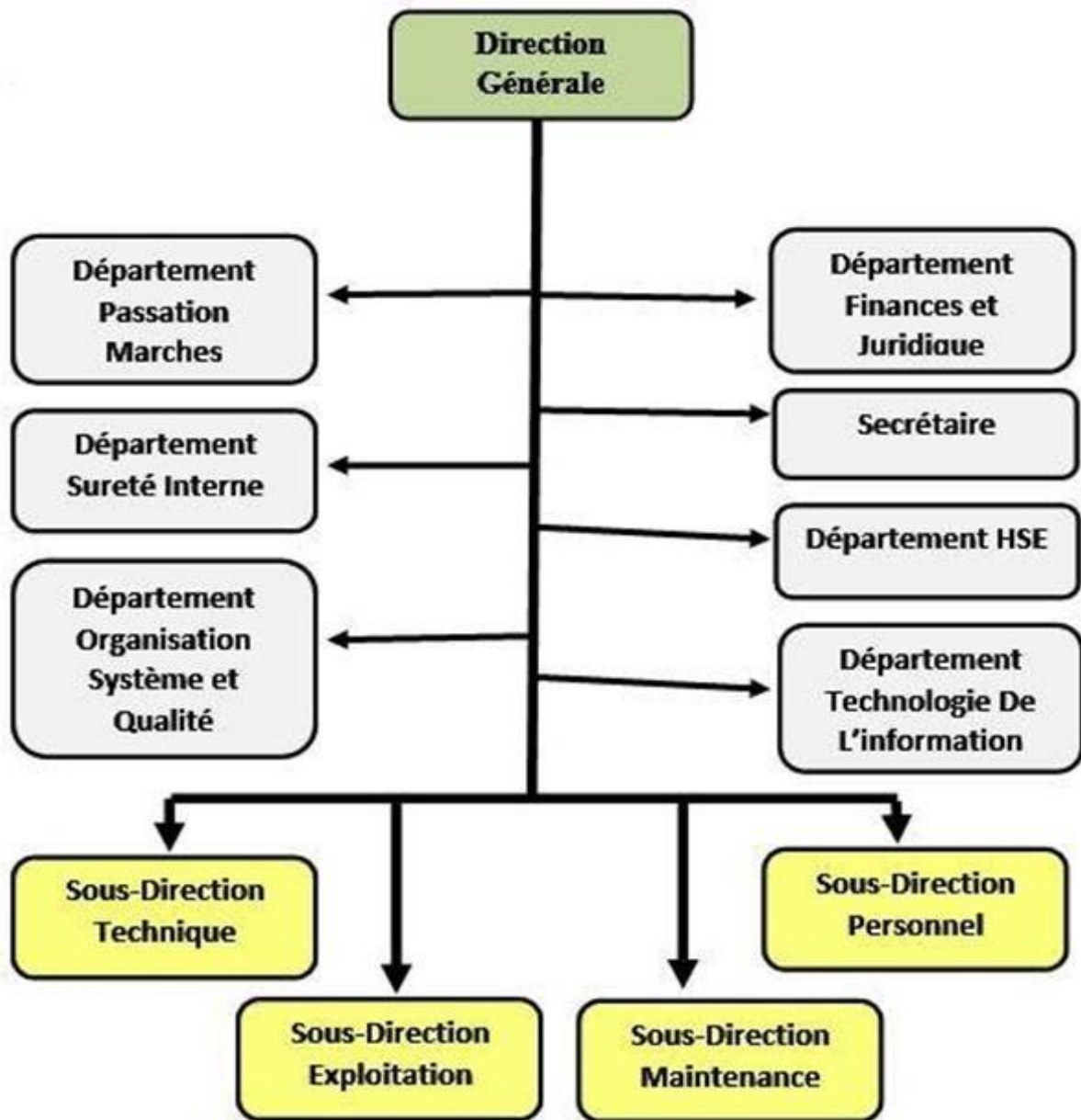


Figure 4: Organigramme de la raffinerie d'Alger

II.5 Les principales installations de la raffinerie d'Alger :

Le schéma des installations de la raffinerie est illustré sur l'ANNEX 1.

II.5.1 Unité de distillation atmosphérique "Topping" (U100) ADU :

Destinée à séparer les différents produits pétroliers contenus dans le pétrole brut, c'est l'unité mère de la raffinerie, elle a été conçue pour traiter soit le brut de Hassi Messaoud seul ou bien en mélange avec des proportions variable n'excédant pas 28% en poids de condensat provenant de Hassi-Rmel.

II.5.2 Unité de séparation des gaz liquéfiés "gaz-plant" (U 300) :

L'unité de séparation et de traitement des gaz liquéfiés (U300) a été dimensionnée pour traiter le produit liquide venant des accumulateurs de tête des débutaniseurs de l'unité de distillation et de l'unité de reforming afin d'obtenir du propane et du butane commerciaux. Ces derniers vont traverser des systèmes de purification contenant des tamis moléculaires afin de les débarrasser de toute trace d'humidité et de produits sulfurés

II.5.3 Unité d'hydrotraitement des naphthas NHT (U 500) :

L'unité 500 est une unité d'hydrotraitement des naphthas, permettant d'obtenir différentes coupes de naphta débarrassées de multiples composés tels que l'eau, les halogènes, les sulfures, le nitrogène, les oléfines et dioléfines, le mercure, l'arsenic...etc. pouvant altérer l'efficacité des catalyseurs utilisés dans les unités aval d'isomérisation et de reforming CCR



Figure 5: MS BLOCK

II.5.4 Unité d'isomérisation des naphthas (U 510) :

Cette unité sert à l'isomérisation des naphthas, c'est-à-dire à la transformation des C5 et C6 en leurs isomères, afin d'obtenir un produit à haut indice d'octane utilisé dans les sections de mélanges pour obtenir les essences commerciales produites par la raffinerie

II.5.5 Unité de reforming catalytique CCR (U 520) :

À l'aide d'un catalyseur cette unité permet d'obtenir des essences à fort indice d'octane.

II.5.6 Unité de craquage catalytique RFCC (U 530) :

Cette unité conçue pour traiter un million de tonnes par an à partir du résidu atmosphérique

obtenu dans l'unité de distillation atmosphérique (unité 100) à l'aide d'un procédé de craquage catalytique à haute température



Figure 6: RFCC

II.5.6.1 Les utilités :

Se composent des unités suivantes :

a) Unité de l'eau brute (U 701) :

Cette unité reçoit de l'eau brute des puits de forage situés à l'intérieur de la raffinerie et peut également être alimentée en eau de SEAL par un pipeline. L'unité d'eau brute 701 distribue l'eau aux différents utilisateurs de la raffinerie.

b) Les tours de refroidissement (U 710/711) :

Cette unité fournit de l'eau de refroidissement aux utilisateurs au sein de la raffinerie et elle est alimentée par l'unité d'eau brute 701.

c) Unité d'eau déminéralisée (U 720) :

Cette unité reçoit de l'eau brute provenant de l'unité d'eau brute 701 située au sein de la raffinerie et traite cette eau pour la convertir en eau déminéralisée.

d) Unité d'eau anti incendie (U 741).

e) Unité 751 :

Les systèmes de vapeur et d'eau d'alimentation de chaudière font partie des nouvelles installations pour la raffinerie d'Alger, et sont désignés sous l'appellation d'unité CPP 751 (centrale de production propre, ou centrale électrique dédiée à la production d'électricité pour consommation propre).

Cette unité est conçue pour fournir de la vapeur aux consommateurs dans les installations des unités de procédés et pour produire une eau d'alimentation de chaudière (EAC) de qualité utilisée en interne par les nouvelles chaudières mais aussi fournie sous forme d'EAC haute

pression (HP) à différentes unités de la raffinerie. En outre, le complexe est équipé d'un turbogénérateur à gaz (Gas Turbine Generator, GTG) et d'un turbogénérateur à vapeur (Steam Turbine Generator, STG) raccordés au système de contrôle-commande électrique (Electrical Control System, ECS) et qui couvrent les besoins électriques de l'ensemble de la raffinerie.

II.5.7 Unité de production d'air (U 781) :

L'air comprimé est nécessaire dans la raffinerie pour multiples usages telle que l'air pour le fonctionnement des instruments utilisés dans l'installation ainsi que pour purger certains tableaux de commande.

II.5.8 La torche (U 791) :

Le système de torchère collecte et élimine en toute sécurité les flux de décharge d'hydrocarbures gazeux de la raffinerie d'Alger ainsi que les liquides entraînés ou condensés à l'intérieur des conduites de la torchère.



Figure 7: Les utilités

II.5.9 Unité de production d'azote (U 810) :

Cette unité consiste en une unité de production d'azote gazeux et liquide avec des installations associées de stockage et de vaporisation de l'azote liquide.

II.5.10 Unité de polissage des condensats CPU (U 830) :

Elle est installée au sein des nouvelles unités de fluides de la raffinerie d'Alger, elle consiste en une installation centralisée de traitement des condensats pollués générés par diverses unités de traitement de la raffinerie, en aval les condensats purifiés provenant de l'unité CPU (U 830) sont renvoyés vers le dés-aérateur de la nouvelle unité CPP (U 751).

II.5.11 Unité de soude caustique et acide chlorhydrique (U 840) :

Le système de soude caustique est prévu pour satisfaire les exigences de la raffinerie.

II.5.12 Unité de traitement des effluents (U 850) :

L'objectif de cette unité est le traitement de toutes les eaux usées générées par l'exploitation de la raffinerie. Les eaux usées sont collectées et traitées dans la nouvelle station de traitement des effluents (ETP).

II.5.13 Laboratoire :

Le laboratoire effectue sur les différents produits intermédiaires ou finis, un certain nombre de tests classiques afin de contrôler les spécifications des produits pétroliers selon les normes et détecter les anomalies de fonctionnement du process.

II.5.14 Parc de stockage :

Composé de 54 réservoirs cylindriques d'une capacité totale de 474500 m³ pour le stockage des différents produits et 9 réservoirs sphériques d'une capacité de 15106 m³ pour le stockage du propane et du butane.

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

Tableau 4: Stockage Des Produits Liquides (Réservoir)

NOM DU BAC	NATURE DU PRODUIT	CAPACITE (m ³)
B6-B7-B1-TK005	KEROSENE	5000
C6.C7	KEROSENE	2500
TK401	BRUT	40000
A301-A302-A303	BRUT	De 30000 à 33000
A201-A202-TK203-TK204	GASOIL	20000
TK205-TK206	FUEL	20000
B3-B9	FUEL	5000
A102-A103-A104-A106	NAPHTA	10000
A305	NAPHTA	35000
TK108-TK109	NAPHTA	10000
TK13-TK14	NAPHTA LOURD	10000
TK15-TK16	NAPHTA LEGER	1000
A101-A107-A105-TK110-TK111-TK112	ESSENCE	10000
B2	ESSENCE	5000
C1	ESSENCE	2500
C2-C8	REFORMAT	2500

B4	REFORMAT	5000
TK309-TK310	ISOMERAT	2500
TK11-TK12	SLURIE	5000
D1-D2-D3	SLOP	1000
C4-C5	SLOP	2500
C3	GASOLINE	2500
B10	GASOLINE	5000
B8	SLOP ETP	5000
TK207-TK208	MTBE	20000

II.5.15 Stockage Des Gaz (Butane Et Propane) :

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

Tableau 5: Capacité de chaque sphère

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

II.5.12 Les Ateliers De Maintenance :

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

II.5.13 Salle de contrôle centralisé CCR :

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.).

II.6 Le process de raffinage :

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

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

II.6.1 Les différentes étapes de traitement du pétrole brut :

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

a) La distillation :

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

Chaque coupe pétrolière correspond à un intervalle de volatilité, que l'on peut caractériser par une gamme de températures d'ébullition, ou par le nombre d'atomes de carbone des hydrocarbures. La distillation atmosphérique permet de séparer les coupes gaz ($<50^{\circ}\text{C}$), la coupe essence ($50 - 150^{\circ}\text{C}$), la coupe kérosène ($150 - 250^{\circ}\text{C}$) et la coupe gazole ($250 - 370^{\circ}\text{C}$).

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

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

Ils sont constitués de composés qui ont entre 20 et 50 atomes de carbone et une température d'ébullition comprise entre 370 et 550°C environ.

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

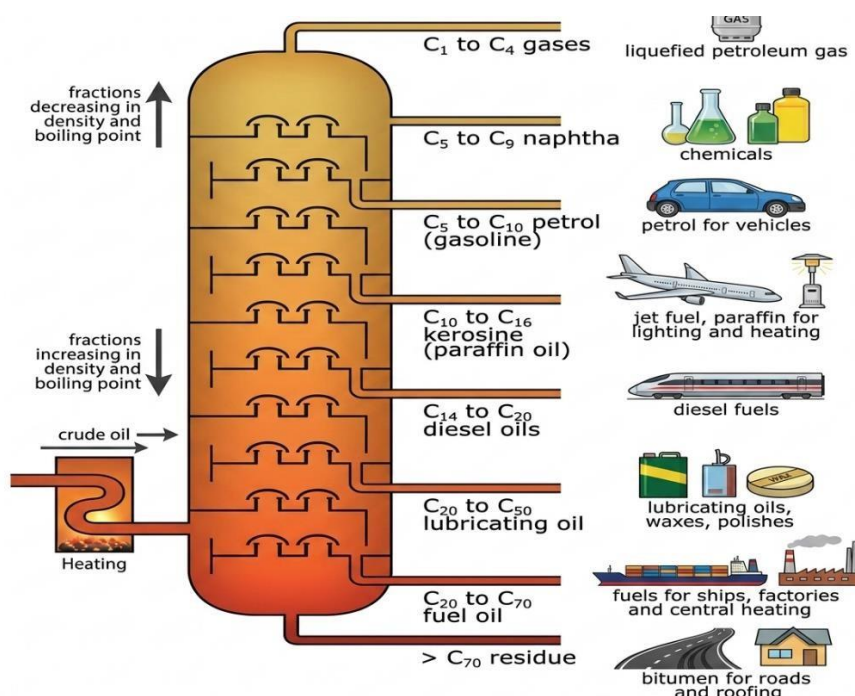


Figure 8: Distillation du pétrole brut

b) La conversion :

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

c) La purification :

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

d) Le blending :

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

II.7 Conclusion

En conclusion, ce chapitre a permis de présenter la raffinerie objet de cette étude ainsi que les différentes unités de production qui la composent. Cette présentation a mis en évidence l'organisation générale de la raffinerie, le rôle de chaque unité dans le processus de raffinage ainsi que l'importance des installations associées.

L'ensemble des informations exposées constitue une base essentielle pour la compréhension du fonctionnement de la raffinerie et des risques potentiels liés aux procédés industriels. Ces éléments serviront de support pour les analyses et les développements qui seront abordés dans les chapitres suivants du présent mémoire.

Chapitre III

La sécurité dans la raffinerie d'Alger

Chapitre III : La sécurité dans la raffinerie d'Alger

III.1 Introduction :

La sécurité industrielle représente un enjeu majeur dans le secteur pétrolier, particulièrement au sein des installations à hauts risques telles que les raffineries d'hydrocarbures. La raffinerie d'Alger, opérée par SONATRACH/Activité RPC, constitue un site stratégique dont la gestion sécuritaire mobilise des moyens humains et matériels considérables. La présente étude se propose d'analyser l'organisation du département HSE ainsi que l'ensemble des dispositifs de prévention, de détection et de lutte contre l'incendie mis en œuvre au sein de cet établissement, dans le but d'évaluer leur conformité aux normes et réglementations en vigueur.

III.2 Organisation de la sécurité de la raffinerie d'Alger :

La politique de sécurité mise en place par SONATRACH/ACTIVITÉ RPC est répercutée au niveau des différents sites par le département Hygiène Sécurité et Environnement (HSE) qui veille à sa bonne application. La politique est, en outre, reprise au niveau d'un manuel HSE. Ce dernier renferme des mesures de sécurité appliquées au niveau des sites.

La problématique de la sécurité est aussi traitée dans les manuels opératoires puisque pour chaque unité de l'installation, les procédures, propres au procédé, y sont formalisées. Ces dernières permettent, pour les différents opérateurs, la maîtrise des procédés et de l'exploitation.

Comme cela a déjà été mentionné ci-dessus, en cas d'incident, la raffinerie peut toujours compter sur des moyens d'intervention appropriés. Ces moyens consistent dans des moyens fixes et mobiles d'intervention mais aussi dans un personnel convenablement formé.

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

La raffinerie et le port pétrolier disposent d'un Plan d'Organisation Interne (POI) Incendie/Explosion.

III.3 Organisation du département HSE :

Le département Hygiène, Sécurité et Environnement est composé de 3 services :

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

III.3.1 Service intervention :

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

- Protéger et sauvegarder le personnel ainsi que le patrimoine de l'entreprise.
- Mener, en cas d'urgence, les actions conformément aux différents plans d'organisation des secours.
- Gérer les installations et les équipements d'intervention et de secours.
- Concrétiser les programmes de formation et d'exercices de lutte contre l'incendie.

III.3.2 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.

Le service prévention a pour tâches principales :

- Prévoir les risques liés aux activités interne de la raffinerie.
- Garantir le respect des normes et réglementations de sécurité.
- Assister et contrôler tous les organes et structures d'exploitation en matière de sécurité.
- Promouvoir et développer l'organisation globale en matière d'hygiène et de sécurité.
- Diffuser les consignes de sécurité.
- Sensibiliser l'ensemble du personnel aux règles en matière de sécurité et d'hygiène.
- Contrôler les installations techniques et assurer le suivi des travaux.
- Réaliser des enquêtes et des statistiques des accidents du travail.

III.3.3 Service environnement :

Le service Environnement a pour tâches principales :

- La gestion, le contrôle et l'élimination des différents déchets :
- Déchets Liquides
- Déchets solides
- Les rejets atmosphériques
- Domaine sol et sous-sol
- Le mesurage des nuisances
- Sonores, Lumineuses, Thermiques

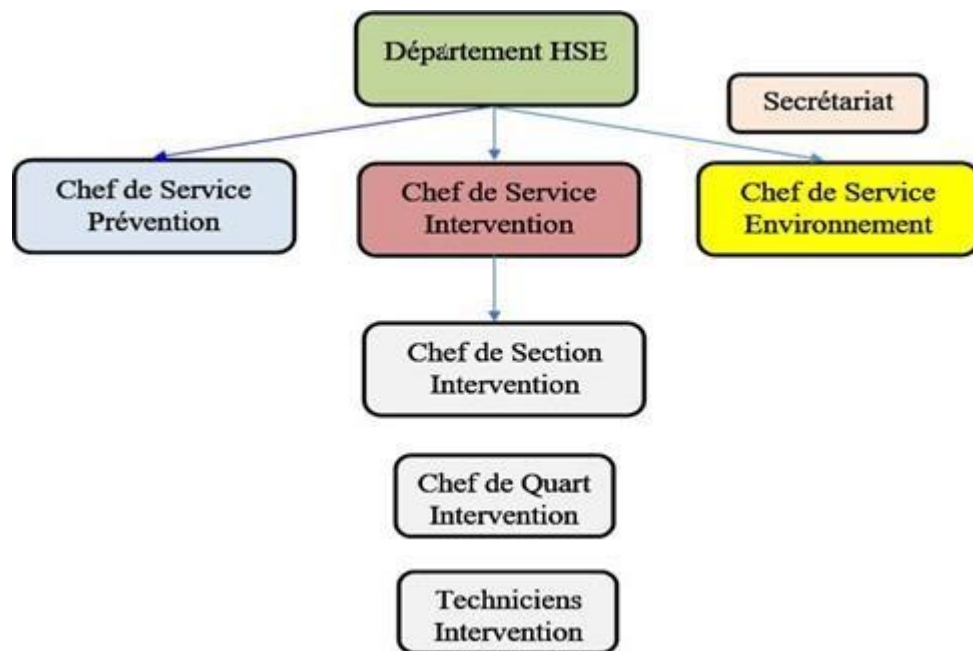


Figure 9: Organigramme du service de l'environnement

III.3.4 Le service intervention :

Personnel d'intervention :

Le service intervention est constitué de 54 travailleurs répartis de la manière suivante :

- Un chef de service
- Un chef section
- 4 chefs de quart ou chefs de quart
- 48 techniciens d'intervention.

Une salle de veille est occupée en permanence au PCI par un agent dit « stationnaire » il est désigné par le chef de quart.

1. Moyennes et matériels :

Pour lutter contre l'incendie, la raffinerie dispose de plusieurs moyens d'intervention :

2. Les moyennes fixes :

- **Les lances monitors fixes :**

Elle est employée lors des feux de grande ampleur for pouvoir calorifique, elle a une portée nettement plus importante. [10]. Au niveau de la raffinerie on distingue deux types de lances monitors fixes :



Figure 10: Lance monitor fixe

Tableau 6: Le débit des lances monitor fixe

	Lance a eau	Lance a eau / mousse
Débit	2840 l/min	2840 l/min
	7570 l/min	7570 l/min

- **Les couronnes de refroidissement :** Les couronnes ont pour but principale le refroidissement des parois des bacs de stockage, sphères ou les cigares. Avec un débit de : 132 m3/h. [10]



Figure 11: Les couronnes de refroidissement

- **Les skids à émulseur fixes :**



Figure 12: Les skids à émulseur fixes

- **Dispositifs d'injection de mousse dans les bacs :**

- **Injection de mousse dans le bac à toit fixe :**

Injection à l'intérieur du bac à toit fixe au-dessus du liquide grâce à des boîtes ou déversoirs à mousse présence d'un opercule, pour but d'éviter le retour de vapeurs du ciel gazeux du bac vers le réseau incendie.

Il est brisé par l'arrivée du mélange eau + émulseur. [11]

- **Injection de mousse dans la cuvette :**

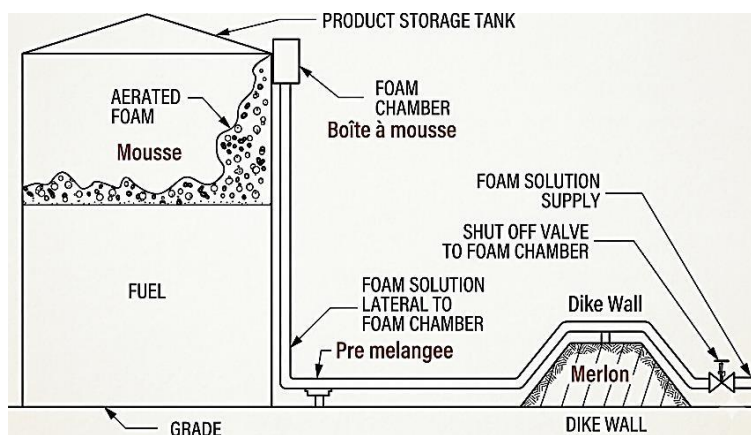


Figure 13: Injection de mousse dans le bac

et contenir les produits qui peuvent accidentellement se répandre hors du ou des réservoirs concernés.

Injection de mousse par le déversoir à mousse dans le cas d'un feu de cuvette directement à l'intérieur de la cuvette. [11]



Figure 14: Injection de mousse dans la cuvette.

- Déversoir d'injection de la mousse dans les bacs à toit flottant :

Injection à l'extérieur d'un bac à toit flottant, sur le joint d'étanchéité. Une couronne métallique soudée sur le toit permet de retenir la mousse sur la périphérie afin de recouvrir le joint. [11]



Figure 15: Déversoir d'injection de la mousse dans le bac à toit flottant

b- Les moyens mobiles de lutte contre les incendies :

- **Camions d'intervention :**

Tableau 7: Camions d'intervention

Type decamion	Capacité des produits extincteurs	Nombre de camion	Marque du camion	Equipé Par	Année de mise en service du Camion	Débit
Camionmixte	2000 L'Eau & 6000 L Émulseur	01	RENAULT	SIDES	2018	5000 L/MIN
Camion à mousse	7400 L Émulseur	01	IVECO	CHINETTI	2008	4000 L/MIN
Camion à mousse	7000 L Émulseur	01	RENAULT	CHINETTI	2010	5000 L/MIN
Camionmixte	2000 L'Eau et 5000 L Émulseur	01	IVECO	CHINETTI	2008	4000 L/MIN
CamionVMR	2000 L'Eau et 6000 L Émulseur	01	RENAULT	CHINETTI	2010	5000 L/MIN
Camion à poudre	4500 kgpoudre	01	RENAULT	PROTECT -FIRE	2004	2000 KG /MIN

- **Ambulance :**

Tableau 8: Les ambulances

Type de d'ambulance	Marque de l'ambulance	Nombre d'ambulance	Année de mise en service	Disponibilité
Aménagée	FORD	01	2007	100%

- **Canons à mousse :**

C'est un équipement trop utiliser dans le domaine pétrolier, plus particulièrement dans les raffineries, qui sert à diffuser de la mousse pour éteindre un incendie, établir un tapis de mousse afin de prévenir les nouveaux départs de feu. [4]



Figure 16: Canons à mousse

- **Motopompes remorquables et tractables :**



Figure 17: Motopompes remorquables et tractables

Ses missions sont diverses, elle peut servir à effectuer un relais entre le point d'eau et l'engin affecté à l'extinction d'un incendie. Elle est utilisée pour les services de protection incendie.

Au niveau de la raffinerie d'Alger, on distingue deux types : [4]

- **04 motopompes de 90 m³/h**
- **01 motopompe de 200 m³/h**

- **Les extincteurs :**

Un extincteur est un appareil qui permet de projeter sous l'effet d'une pression intérieure, et de diriger un agent extincteur sur un foyer d'incendie. [4]

On distingue deux types d'extincteurs :

Tableau 9: Les extincteurs

Pression permanente	Pression auxiliaire
	

Les extincteurs disponibles au niveau de la raffinerie d'Alger sont :

- Les extincteurs à poudre

- Les extincteurs de CO₂
- Les extincteurs à eau
 - **Les pièces de jonctions :**

Tableau 10: Les pièces de jonctions

Piece de jonction	
<i>Les raccords</i>	
<i>Les coudes D'alimentation</i>	
<i>Les retenues</i>	
<i>Les collecteurs d'alimentation</i>	
<i>Les divisions</i>	
<i>Les vannes</i>	

- **Le matériel de lutte contre les incendies utilisée dans les interventions :**

Tableau 11: Le matériel de lutte contre les incendies

Matériel	
Lance LDV Lance a Débit Variable	
Lance a Eau	

<i>Lance a mousse</i>	
<i>Les tuyaux (flexibles)</i> Diamètres Ø 100 mm Diamètres Ø 70 mm Diamètres Ø 45 mm	
<i>Queue de paon</i>	
<i>Générateur de mousse</i>	
<i>Armoire à feu (Perche, Isolante, Hache, Pelle, Sceau)</i>	

c- Les moyennes de détection :

- **Les détecteurs :**

Un détecteur optique de fumée à diffusion est essentiellement composé d'un émetteur de lumière et d'un récepteur associé regroupés dans un capot dont le but est de constituer un écran au passage de la lumière et de permettre le passage des aérosols vers le capteur.

Lors d'un feu, les produits de combustion pénètrent dans la chambre. La lumière provenant de l'émetteur, est diffusée dans toutes les directions et une partie de celle-ci vient activer le récepteur : le traitement consiste donc simplement à signaler cette augmentation de la lumière reçue.

On a les détecteurs de gaz et détecteur de fumée qui sont repartis sur l'ensemble des installation, équipements et bureau et bloc administratif. [12]

Tableau 12: Les détecteurs de gaz et de fumée

Détecteur de fumée	Détecteur de gaz
	

- **L'explosimètre :**

L'explosimètre mesure la quantité de gaz présent entre 0% et 100% de la L.I.E.

Les balise :



d- Les moyennes de communication :

En cas d'accident ou d'incident, le personnel de la raffinerie doit informer aussitôt le service Intervention pour signaler et les alerter, et pour cela le service Intervention a mis à leur disposition les moyens de communication mobile et fixes.

- **Les moyennes mobiles (talkie-walkie) :**



- **Les moyennes fixes :**

Soit on utilise la radio en appelant la station fixe **F1**, soit sur la ligne d'urgence au numéro **5555**. Sinon pour divers services en appelant sur les lignes :**5267** ou **5268**.



e- Le réseau incendie :

- **Pomperie incendie :**

En cas d'intervention (incendie) la pomperie incendie est équipée d'un système de démarrage automatique qui démarre dans un premier temps les pompes Electriques P002 A/B/C, trois (03) avec un débit de chacune **1022 m³/h à 12 bars**.

Et dans un deuxième temps les pompes Diesel P003 A/B/C, trois (03) avec un débit de chacune **1022 m³/h à 12 bars**. En cas de panne des pompes électriques ou d'un besoin plus important d'eau et de débit.

A l'état normale et pour les besoins quotidiens du service la pomperie est dotée de deux (02) 02 pompes Jockey : débit de chacune **68,16 m³/h à 11,5 bars**.

- **Réservoirs d'eau incendie :**

La raffinerie d'Alger dispose de deux (02) réservoirs de stockage d'eau anti- incendie (TK- 001 A/B) d'une capacité individuelle de **24810 m³** couvrant au total **100 %** de la demande maximale en eau anti-incendie pendant **12 heures**.

- **Réseau d'incendie :**

Le réseau principal, appelé réseau maillé, part du refoulement des pompes incendie jusqu'aux consommateurs et entoure chaque unité et cuvette de rétention. Un réseau maillé est conçu de sorte à pouvoir amener l'agent extincteur par deux voies différentes. La réglementation française (arrêté du 03/10/2010 modifié) impose un réseau incendie mailler et sectionnable au plus près de la pomperie lorsque le débit d'eau nécessaire à l'opération d'extinction dépasse **240 m³ /h**.

Le réseau maillé est constitué de vannes d'isolement à chaque intersection de la boucle principale permettant d'isoler manuellement une branche du réseau. Cela permet d'assurer une arrivée d'eau aux consommateurs malgré une rupture ou une opération de maintenance effectuée sur un tronçon du réseau. Ces vannes sont généralement situées dans des fosses à vannes de façon à limiter les risques de gel. La pression dans le réseau est contrôlée à des points

stratégiques (près de la pomperie ou au point le plus éloigné par exemple) grâce à des manomètres de pression.

Le réseau incendie comporte aussi des poteaux incendie avec quatre **(04)** sorties de diamètres différents : - 02 Sortie de diamètre **Ø 100 mm**

- 02 Sortie de diamètre **Ø 70 mm**

3- Marche générales des opérations :

a- Reconnaissance :

Après s'être assuré de l'évacuation du personnel le chef de lutte incendie doit porter sa reconnaissance sur des éléments suivants :

- Nature du produit en feu (liquide miscible à l'eau ou non) et quantité en jeu
- Type d'installation concernée (réservoir, rétention, unité de production...)
- Surface en feu
- Fuite alimentée ou non (feu de bac)
- Installations menacées par le flux thermique et phénomènes dangereux potentiels
- Moyens de lutte mis en œuvre
- Conditions météo (sens et force du vent)
- Risque de pollution (panache de fumées, eaux d'extinction, produits polluants) [4]

b- Réduction du flux thermique (Temporisation) :

Si le débit d'extinction ne peut être atteint immédiatement ou maintenu durant le temps d'extinction requis faute de moyens suffisants, il convient d'effectuer si possible une temporisation qui permet de réduire l'intensité du foyer et de diminuer les risques de propagation par rayonnement thermique. Sur les sites industriels ne disposant pas de moyens permettant une extinction immédiate, cette phase est généralement assurée par l'exploitant.

Le cas de la raffinerie d'Alger ; cette dernière dispose de moyens fixes et mobiles suffisants pour permettre l'extinction d'un incendie de type feu sur la totalité du toit du bac dans les délais réglementaires. [4]

c- Protection / refroidissement :

La protection des structures et équipements soumis au rayonnement doit être prise en compte pour éviter les effets dominos. A minima, tous les équipements situés à moins de 50m de l'incendie doivent être protégés :

- Les structures impliquées dans le feu sont protégées en prémélange pour ne pas endommager le tapis de mousse (cas de feu de cuvette de rétention).
- Les structures exposées, soumises au rayonnement, mais situées hors de la zone en feu sont protégées à l'eau (cas de feu sur la totalité du toit du bac). [4]



Figure 18: Le refroidissement des réservoirs impliqués

d- Extinction :

La phase d'extinction peut être lancée sous trois conditions :

- L'ensemble des moyens de projection de mousse requis pour atteindre le débit d'extinction sont établis
- La continuité en émulseur et sans interruption peut être assurée durant toute la phase d'extinction
- L'arrêt du mouvement des fluides avec la fermeture des vannes concernées à la chambre des vannes

Le lancement de la phase d'extinction est donné par le chef de lutte incendie « **TOP EXTINCTION** ».

Une fois l'extinction réalisée :

- Assurer le refroidissement des structures et contrôler son efficacité.
- Conserver à minima le dispositif complet pendant 4 heures pour prévenir tout risque de reprise de feu.
- Effectuer des relevés d'explosimètre pour confirmer l'absence de risque.
- Tant que le risque de ré inflammation persiste, le tapis de mousse doit-être régulièrement entretenu. [4]

Schéma simplifié de la MGO :

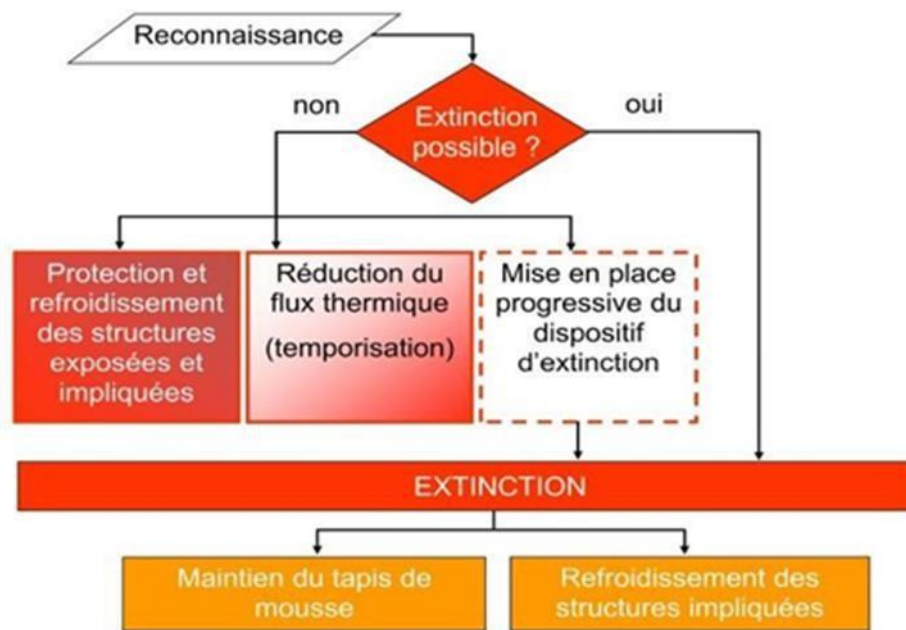


Figure 19: Schéma simplifié de la MGO

Le schéma suivant montre comment déroule la procédure d'intervention :

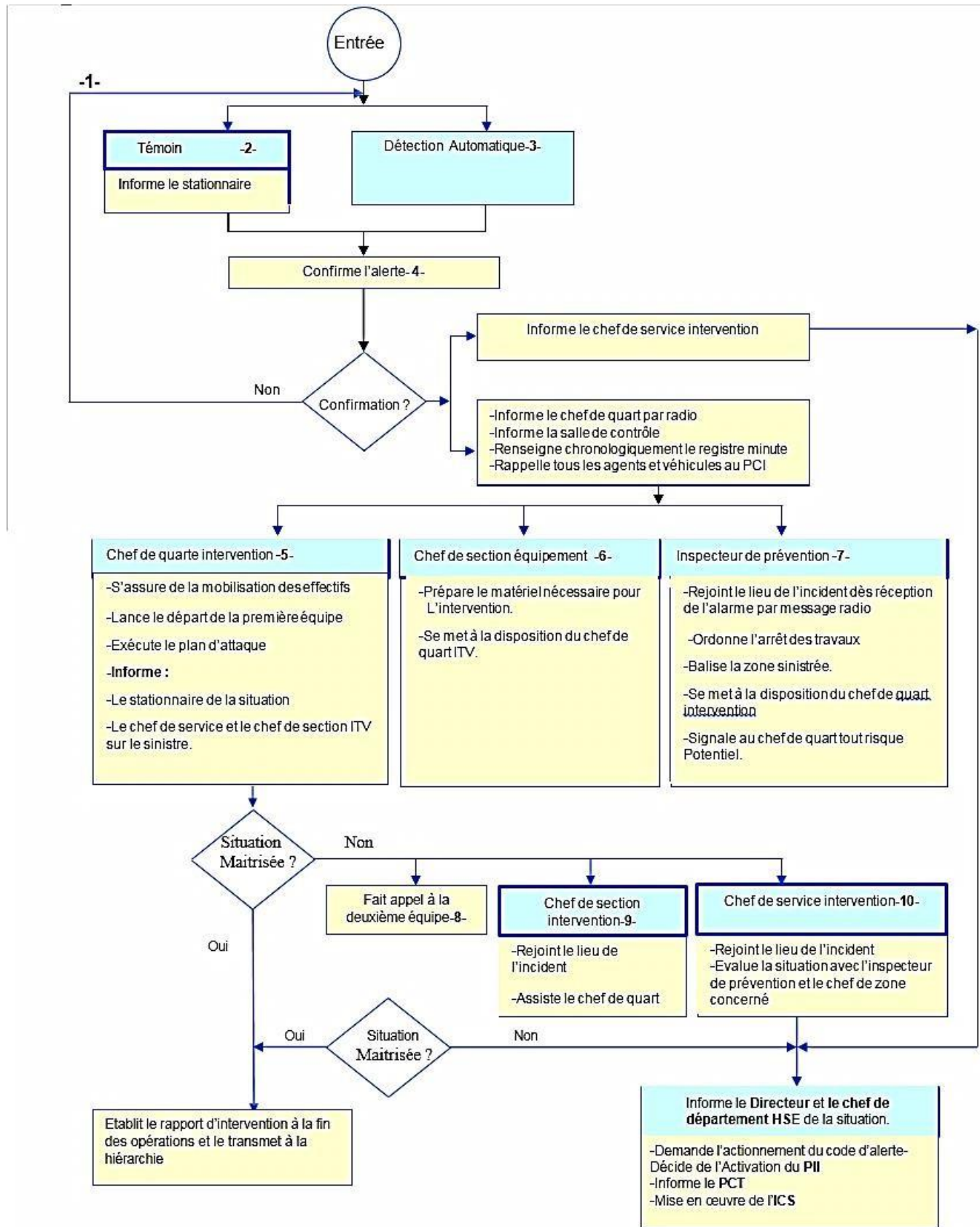


Figure 20: Déroulement de la procédure d'intervention

III.4 Conclusion :

Au terme de cette étude, il ressort que la raffinerie d'Alger dispose d'un dispositif sécuritaire structuré et relativement complet, s'appuyant sur trois services HSE complémentaires et un arsenal technique diversifié comprenant des moyens fixes, mobiles et des systèmes de détection performants. Les procédures opérationnelles encadrant les interventions témoignent d'une approche méthodique conforme aux standards internationaux. Toutefois, la complexité des activités de raffinage impose une démarche d'amélioration continue, notamment en matière de formation du personnel et de maintenance préventive des équipements, afin de garantir un niveau de sécurité optimal et pérenne.

Chapitre IV

Les risques liés aux stockages des hydrocarbures

Chapitre IV : Les risques liés aux stockages des hydrocarbures

IV.1 Introduction

Le stockage des hydrocarbures est sujet à des risques parfois catastrophiques. Pour caractériser ces phénomènes, nous allons développer dans ce chapitre une base théorique sur les risques en général, et spécialement sur les risques les plus fréquents connus au stockage.

IV.2 Généralité sur le stockage des hydrocarbures

IV.2.1 Définitions et généralités sur le stockage des hydrocarbures :

IV.2.1.1 But de stockage

- Consiste à mettre le produit au repos suivi d'une opération de décantation avant l'expédition.
- Permet la collecte de différents champs pétroliers afin d'acheminer de grandes quantités de produit.
- Permet la continuité de la production et l'exploitation tout en assurant un stockage permanent.
- Permet de contrôler la qualité du produit expédié.
- Permet le dégazage naturel pour l'élimination des gaz indésirables. [7]

IV.2.1.2 Parc de stockage

a- Définition de parc de stockage :

C'est une zone généralement de grande surface où se situe un ensemble de bacs de stockage. Le stockage atmosphérique inclut l'ensemble des capacités contenant des substances à une pression sensiblement égale à la pression atmosphérique. C'est le cas du stockage des hydrocarbures liquides (Pétrole brut, Fioul, gas-oil, essence) dans des bacs à toits fixes ou flottants. [7]

b- Conception des parcs de stockage :

• Implantation des réservoirs de stockage :

L'espacement des réservoirs de stockage est en fonction de leur capacité, de la nature des hydrocarbures stockés et des équipements de protection contre l'incendie.

En générale, les distances minimales recommandées entre les robes des réservoirs sont les

- suivantes :
- 1/2 du diamètre pour les réservoirs à toit fixe.
 - 1/3 du diamètre pour les réservoirs à toit flottant.

La distance entre la robe d'un réservoir de capacité supérieur ou égale à 1000 m³ et le merlon de la cuvette de rétention ne doit pas être inférieure de 3 m. [7]

• Construction des réservoirs de stockage :

Les réservoirs de stockage sont construits conformément aux normes en vigueur toutes les précautions préalables sont prises, tant en ce qui concerne la stabilité et la résistance de l'assise que la tenue aux conditions climatiques locales.

Avant leur mise en service, les réservoirs subissent un essai hydraulique de résistance et d'étanchéité. [7]

• Cuvette de rétention :

Une cuvette de rétention est une capacité destinée à recevoir les hydrocarbures s'écoulant accidentellement d'un ou des réservoirs.

Lorsqu'une cuvette de rétention contient un seul réservoir d'hydrocarbures liquides, sa capacité utile doit être au moins égale à la capacité du réservoir.

Lorsque plusieurs réservoirs sont groupés dans une même cuvette, la capacité utile de celle-ci doit être ou moins égale à la plus grande des valeurs ci-après :

- 100% de la capacité du plus grand réservoir.
- 50% de la capacité globale des réservoirs contenus. [7]

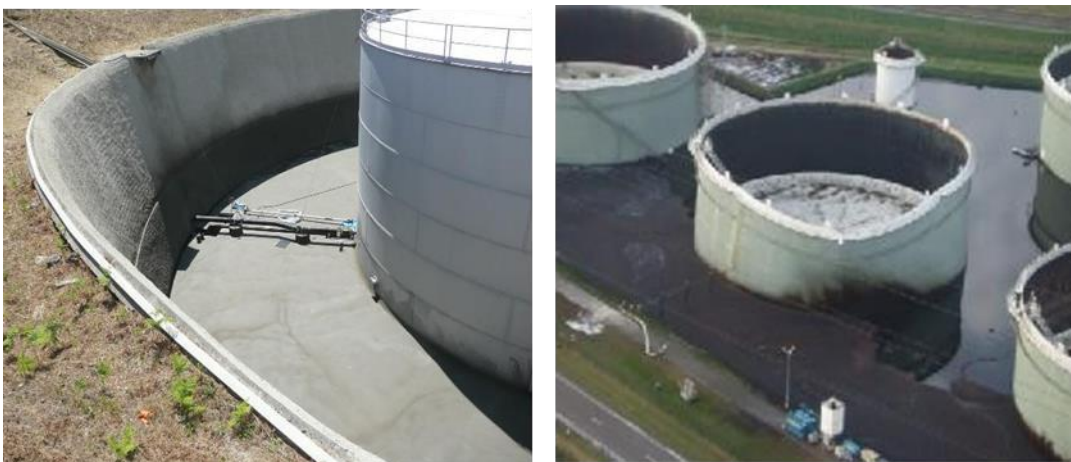


Figure 21: Cuvette de rétention

• Merlons en terre :

- Leur hauteur maximale est égale à 3m.
- Les merlons doivent être calculés pour résister à la poussée des hydrocarbures.

Pour mieux réaliser l'étanchéité, on emploie une couverture de 30 cm de béton armé sur les talus intérieurs. [7]

IV.2.2 Les principaux éléments constitutifs des bacs :

IV.2.2.1 Fond de bac :

Le fond de bac est construit en plaques de tôle se recouvrant aux extrémités où elles sont soudées entre elles. Certains fonds de bacs sont protégés par une peinture bitumineuse interne.

Le fond repose souvent sur une galette de gravier ou de sable revêtue d'un enrobé bitumineux permettant une étanchéité et une adaptation au contact de l'assemblage des tôles de fond. [7]

IV.2.2.2 Robe de bac :

La robe de bac est constituée par un empilage vertical de bandes de tôle soudées bout à bout, de largeur 1,8 à 2,4 m et de longueur pouvant atteindre 10 m.

La robe est calculée pour résister à la pression latérale qui s'exerce sur elle quand le bac est rempli d'eau (épreuve) ou du produit, si ce dernier est plus lourd que l'eau.

L'épaisseur minimum de la robe doit assurer en plus la résistance au vent latéral et aux tremblements de terre. [7]

IV.2.2.3 Ceinture :

Les ceintures de renforcement sont nécessaires sur tous les bacs pour qu'ils conservent leur forme cylindrique lorsqu'ils sont exposés aux vents les plus violents.

Pour les bacs à toit fixe, les plaques de toit sont fixées sur la ceinture de renforcement.

Pour les bacs à toit flottant, la ceinture de renforcement est destinée à empêcher la déformation des parois. [7]



Figure 22: Ceinture de bac

IV.2.2.4 Toit :

Le sommet des bacs est recouvert d'un toit qui peut être soit fixe, soit flottant. Quand le bac est destiné à stocker de l'eau, le toit est très souvent supprimé. On trouve également l'association toit fixe + toit flottant sur de nombreux bacs. [7]

IV.2.3 Les différents réservoirs de stockage atmosphériques :

IV.2.3.1 Bacs à toit fixe :

Le bac équipé d'un toit fixe du type conique, en ombrelle, ou en parasol, est le plus économique à installer.

Autoportant conique à peu près la forme d'un cône droit très plat et n'est supporté qu'à sa périphérie. Il n'est utilisé que pour des bacs de petits diamètres. (Même remarque pour toits autoportants, en dôme, ombrelle ou parasol). [8]

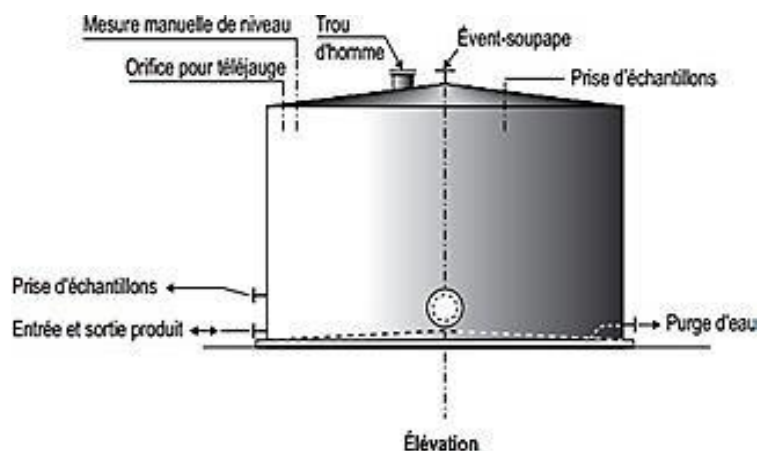


Figure 23: Bac à toit fixe

IV.2.3.2 Bacs à toit flottant :

Ils sont utilisés pour le stockage des produits volatils (pétrole brut, condensat, carburants auto...etc.) ils ressemblent au réservoir à toit fixe sauf dans la conception du toit. Le toit dans ce cas repose directement sur le liquide et flotte au-dessus de celui-ci grâce à des double fonds constituant des poches d'air indépendantes réduisant ainsi le poids spécifique de l'ensemble du toit par rapport à celui du liquide. La circonférence du toit est rendue étanche par des bandes en caoutchouc glissant sur la paroi interne de la robe du réservoir, ce qui réduit les pertes par évaporation du produit. Ce dispositif étanchéité permet aussi le déplacement du toit. Lorsque le toit repose sur le fond du réservoir, il repose sur des supports spéciaux. [8]



Figure 24: Réservoirs à toit flottant

Le toit flottant peut être de deux types :

- À flotteur unique
- À double flotteur

a- Toit à flotteur unique (simple ponton)

Il est constitué par une surface centrale de plaques avec une couronne circulaire soudée sur sa périphérie composée de caissons étanches flottants (voir figure)

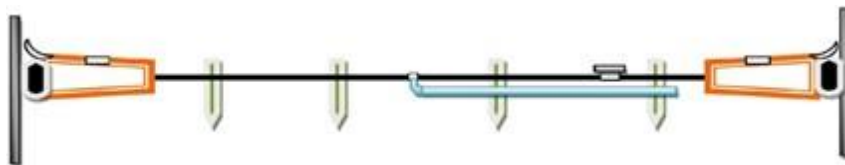


Figure 25: Toit à flotteur unique (simple ponton)

b- Toit à double flotteur (double ponton)

Il est constitué par deux surfaces de tôles circulaires. L'une recouvre l'autre et séparées l'une

de l'autre par des cloisons ou des charpentes de façon à créer un matelas d'air entre le produit stocké et l'atmosphère.

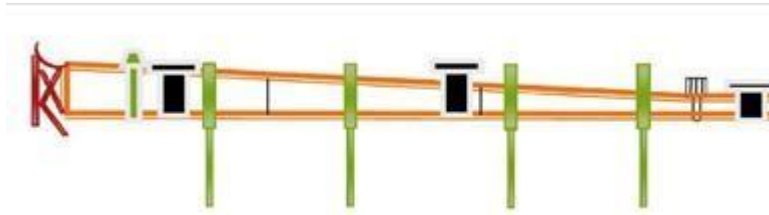


Figure 26: Toit à double flotteur (double ponton)

c- Accessoires

En plus de quelques accessoires identiques à ceux dans un réservoir à toit flottant on trouve:

- **Bague de renforcement :**

Au-dessus de la robe avec une main courante qui à deux rôles : augmenter la rigidité de la partie supérieure de la robe et permettre l'accès autour du toit.

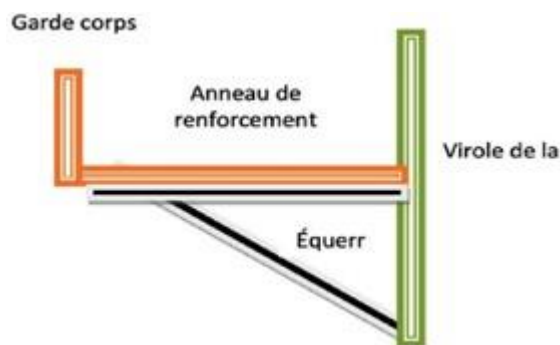


Figure 27: Bague de renforcement

- **Plate-forme supérieure :**

Elle se trouve au-dessus de la bague de renforcement et à laquelle est fixée une échelle coulissante sur des glissières fixées sur le toit flottant.

Event pour la zone périphérique pour permettre aux gaz excédentaires qui ont été formés de s'échapper

- **Clapet d'aération automatique :**

Il s'ouvre lorsque le toit repose sur le fond. Il a les mêmes fonctions que celles des événements décrits pour les événements dans les réservoirs à toit fixe.

- **Systèmes de joint :**

L'étanchéité entre le toit flottant et la robe du bac est assurée par des joints qui peuvent être

réalisés de différentes manières :

Joint mécanique : Des patins d'acier viennent racler la paroi. L'étanchéité est réalisée par un joint élastomère flexible situé au-dessus du liquide et ne subissant pas de contrainte. Le joint est maintenu appliqué contre la paroi par un contre poids

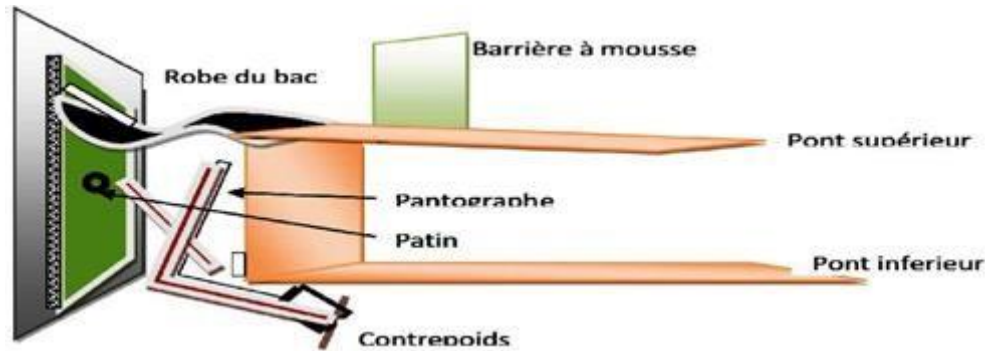


Figure 28: Joint mécanique

d- Joint liquide : L'étanchéité entre la robe et le toit est maintenue par un "boudin" rempli de kérosène ou de gazole

- **Système d'évacuation des eaux de pluie :**

La pluie s'accumule au centre du toit et est évacuée à l'aide d'un tube articulé placé dans le réservoir pour être évacué par une prise de soutirage se trouvant dans le fond de la robe. De plus, en cas de bouchage de ce système, un drain de sécurité permet à l'eau de s'écouler dans le produit afin d'éviter que le toit coule.

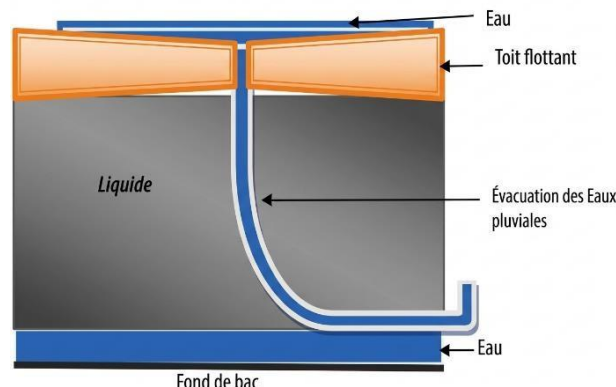


Figure 29: Système d'évacuation des eaux de pluie

- **Déversoir d'injection de la mousse :**

Injection à l'extérieur d'un bac à toit flottant, sur le joint d'étanchéité. Une couronne métallique soudée sur le toit permet de retenir la mousse sur la périphérie afin de recouvrir le

joint.

IV.2.3.3 Bac à toit fixe à écran flottant :

Les écrans flottants sont montés à l'intérieur de bacs à toit fixe. L'association bac à toit fixe et écran flottant présente de nombreux avantages. Ceux de bacs à toit flottant en ce qui concerne les problèmes liés à l'évaporation, et ceux du toit fixe, en ce qui concerne les problèmes liés aux intempéries. [8]



Figure 30: bac a toit fixe à écran flottant

IV.2.4 Les équipements de sécurité des bacs :

Bacs et cuvettes peuvent être équipés de dispositifs permettant la détection d'anomalies (fuite de produit, présence de gaz) et la lutte contre un sinistre (arrosage à l'eau, étouffement à la mousse) [8]

IV.2.4.1 Détections d'anomalies :

a- Alarmes de niveau haut/très haut :

Contacteur indépendant du système de jauge qui :

Délivre une alarme en salle de contrôle Ou active une sécurité (exemple : fermeture vanne de remplissage)

b- Détection des fuites :

Équipements pouvant être installés : Détecteur de gaz dans en cuvette de rétention autour du bac (Explosimètre à poste fixe, par exemple) [9]



Figure 31: Exemple de détecteur de gaz dans une cuvette

c- Vanne de sécurité :

Appareil de sécurité, normalement ouvert, avec dispositif de fermeture automatique en cas d'incendie. Son rôle est de contenir le fluide dans le réservoir pour interdire l'alimentation de l'incendie. [9]

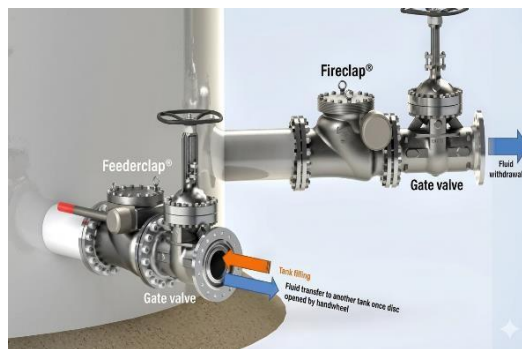


Figure 32: Vanne de sécurité

IV.2.4.2 Equipements de respiration :

a- Les événements :

Lors du remplissage ou de la vidange d'un réservoir, il faut éviter toute surpression ou dépression dangereuse.

Il en est de même lors des variations de température qui provoquent des dilatations ou des contractions de volume de liquide stocké.

Les événements équipent les bacs stockant des produits peu volatils et non toxiques. [9]

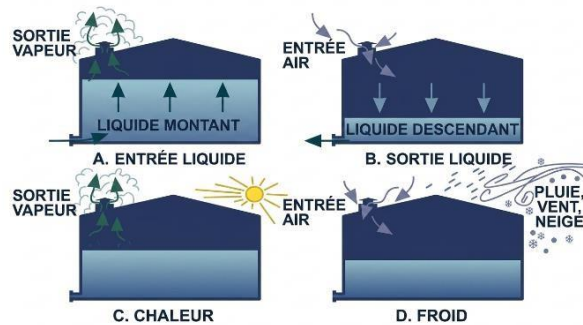


Figure 33: Les événements

b- Les soupapes de respiration :

Le choix d'une soupape s'effectue en fonction du débit de passage admissible et de la pression ou de la dépression que peut supporter le bac. [9]

c- Les arrêtes flammes :

Un arrête-flamme est souvent prévu entre le bac et la soupape ou l'évent. C'est un caisson contenant un empilage de feuilles de métal gaufré où passent les gaz avant de s'échapper dans l'atmosphère. [9]

IV.2.4.3 Protection contre la foudre et l'électricité statique :

➤ Protection contre l'électricité statique

Electricité statique créée par les mouvements de produit dans le bac :

- Vidange et remplissage
- Mélange par agitateur ou par pompage [9]

➤ Protection contre la foudre

Structure métallique du bac constituant une protection efficace contre la foudre si :

- Epaisseur des tôles d'acier suffisante (> 4 mm), ce qui est en général le cas mises à la terre correctes (en nombre suffisant et en bon état).
- Il est également possible d'installer une protection supplémentaire au moyen d'un parafoudre. [9]



Figure 34: Protection contre la foudre et l'électricité statique

IV.2.4.4 Dispositifs d'injection de mousse dans les bacs :

a- Injection de mousse dans le bac a toit fixe :

Injection à l'intérieur du bac à toit fixe au-dessus du liquide grâce à des boîtes ou déversoirs à mousse présence d'un opercule, pour but d'éviter le retour de vapeurs du ciel gazeux du bac vers le réseau incendie.

Il est brisé par l'arrivée du mélange eau + émulseur [9]

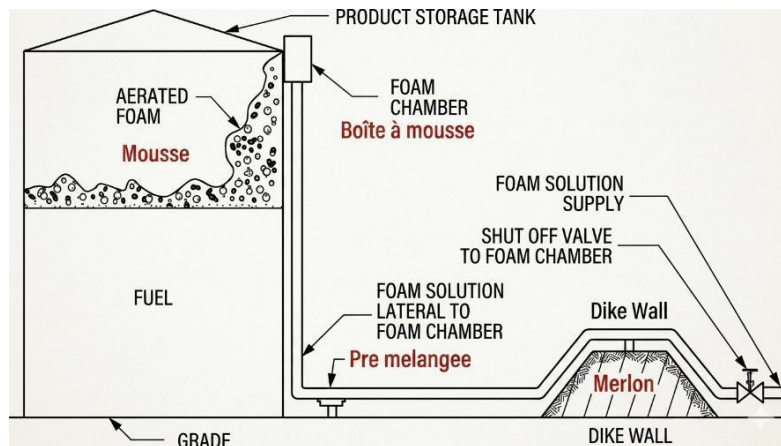


Figure 35: Injection de mousse dans le bac

b- Injection de mousse dans la cuvette :

Les cuvettes de rétention (fondations et enceintes) ont pour but de recueillir et contenir les produits qui peuvent accidentellement se répandre hors du ou des réservoirs concernés.

Injection de mousse par le déversoir à mousse dans le cas d'un feu de cuvette directement à l'intérieur de la cuvette. [9]



Déversoir à mousse dans une cuvette

Exemple d'épandage de mousse dans une cuvette

Figure 36: Injection de mousse dans la cuvette

c- Déversoir d'injection de la mousse dans les bacs à toit flottant :

Injection à l'extérieur d'un bac à toit flottant, sur le joint d'étanchéité. Une couronne métallique soudée sur le toit permet de retenir la mousse sur la périphérie afin de recouvrir le joint. [9]

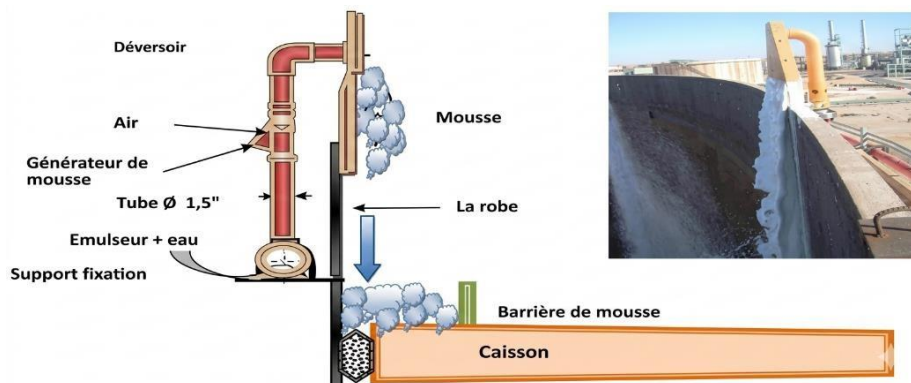


Figure 37: Déversoir d'injection de la mousse dans le bac à toit flottant

IV.3 Risques liés au stockage des hydrocarbures :

Le risque industriel majeur correspond au risque accidentel pouvant survenir sur les sites industriels et entraînant des conséquences graves pour les personnes, les biens et l'environnement.

Différents phénomènes pouvant aboutir à des accidents majeurs sont redoutés. En particulier, nous pouvons citer : l'UVCE, BOIL OVER, feu de nappe, feu de torche.

IV.3.1 UVCE (explosion d'un nuage de gaz en atmosphère libre) :

Un UVCE est une explosion d'un nuage de vapeur provoquée par l'inflammation d'un nuage de gaz/vapeur inflammable mélangé avec de l'air dans un environnement ouvert (par exemple à l'air libre).

L'UVCE génère des effets thermiques et des effets de pression. [7]

- **Description du phénomène :**

Quand une substance inflammable s'échappe dans l'atmosphère et que le nuage de vapeur formé rencontre une source d'inflammation, les parties du nuage dont la concentration se trouve dans les limites d'inflammabilité (LIE/LSE) vont s'enflammer. Quand ceci arrive très rapidement il crée une force explosive appelée l'explosion de nuage de vapeur (UVCE). [7]

Injection de mousse par le déversoir à mousse dans le cas d'un feu de cuvette directement à l'intérieur de la cuvette. [9]

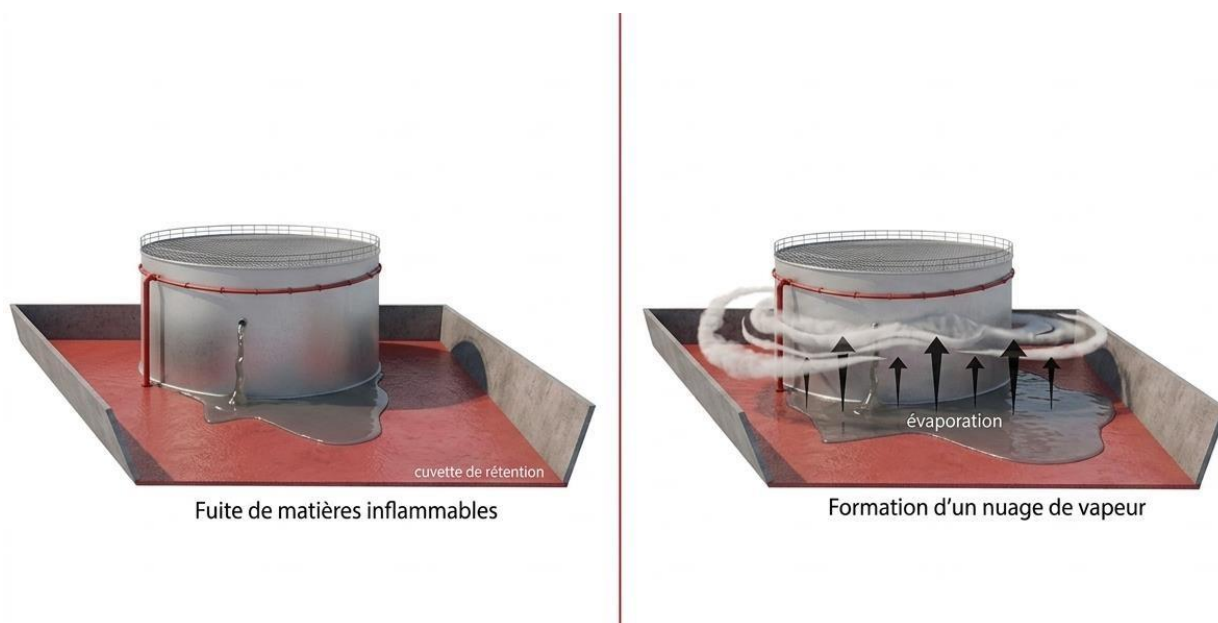


Figure 38: Phénomène d'UVCE



Inflammation et explosion du nuage de vapeur

Figure 39: Phénomène d'UVCE

- **Origines**
 - Fuite d'un gaz combustible liquéfié
 - Évaporation d'une flaque de liquide inflammable.
- **Effets de l'UVCE**
 - 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. [7]

IV.3.2 BOIL-OVER :

Un BOIL-OVER est un phénomène de grande ampleur impliquant des réservoirs aériens et résultant de la transformation en vapeur, d'eau liquide (fond d'eau, eau libre, émulsion) contenue dans un réservoir atmosphérique d'hydrocarbure en feu. Ce phénomène a l'origine de violente projection d'un liquide enflammé et de la formation d'une boule de feu. [7]



Figure 40: BOIL-OVER

- **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 ($1 \text{ m}^3 \text{ d'eau} \sim 1600 \text{ à } 2000 \text{ m}^3 \text{ de vapeur}$). [7]

- **Les effets de BOIL OVER**

Un boil-over 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). [7]

IV.3.3 Feu de torche :

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. [7]

- **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.

Les feux torche se produisent généralement sur des canalisations mais une fissure ou une perforation sur un stockage ou encore une vanne de purge restée ouverte peuvent également être à l'origine d'un tel phénomène. [7]

- **Les causes**

- La défaillance matérielle (corrosion de la conduite, contraintes mécaniques trop fortes et fissure de soudure)
- La défaillance humaine provenant soit de travaux de maintenance et d'exploitations inhérentes à la structure visée, soit de travaux totalement indépendants (perforation d'une canalisation par des engins de terrassement) ;
- Les agressions naturelles (foudre. Etc.). [7]

- **Les conséquences d'un feu de 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. [7]

IV.3.4 Feu de nappe :

Le feu de nappe, décrit un incendie résultant de la combustion d'une nappe de combustible liquide. Ce phénomène implique principalement la surface de la nappe en contact avec l'air.

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, etc.). La terminologie feu de nappe ou de flaque s'applique à un incendie résultant de la combustion d'une nappe de combustibles liquides. [7]

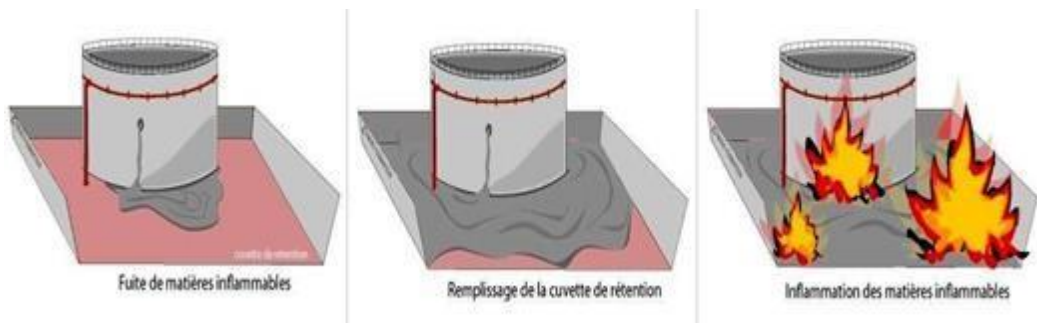


Figure 41: Feu de nappe

- **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 d'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. [7]

- **Les 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 manière récurrente 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. Par contre, si l'incendie se développe à proximité de stockage de matières combustibles, des effets dominos peuvent être observés et les conséquences peuvent être dramatiques (incendie

plus violent, explosion...). [7]

IV.3.5 Feu de joint de toit flottant :

Le feu de joint est un incendie résulte de la combustion de produit inflammable dispersé dans le barrage a mousse qui est en contact direct avec l'air



Figure 42: feu de joint de toit flottant

- **Les causes**

Les feux de joint résultent d'une fuite sur le joint du toit flottant ou cause de dysfonctionnement du toit flottant ce qui entraîne de dispersion du produit dans le joint

IV.3.6 Feu de surface plein de toit :

Ce type de feu est survenu après la rupture totale de toit et la submersion dans le produit qui est devenue en contact direct avec l'air [7]

- **Les causes**

La rupture totale de toit peut survenue d'une :

- Cause technique, par exemple le vidange de bac avec un vitesse plus que la vitesse recommandée
- Les caissons du toit est rempli par l'eau ou le produit ce qui mené à déséquilibre du toit suivi par la rupture totale du toit [7]

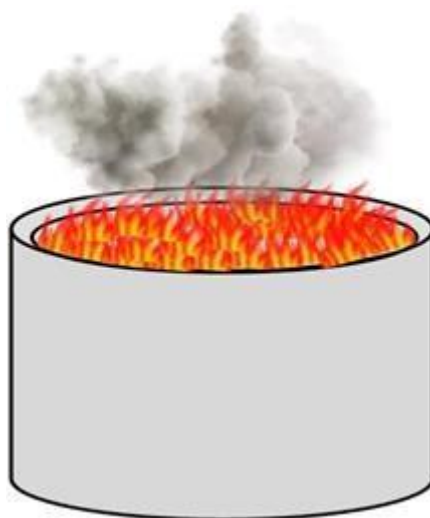


Figure 43: feu de surface plein de toit

IV.4 Conclusion :

Au terme de ce chapitre, il ressort que les installations de stockage d'hydrocarbures sont intrinsèquement exposées à des risques accidentels aux conséquences potentiellement catastrophiques pour les personnes, les biens et l'environnement. La maîtrise de ces risques repose sur une conception rigoureuse des réservoirs, le déploiement de dispositifs de sécurité adaptés — tels que les systèmes de détection, les vannes de sécurité, les arrête-flammes et les dispositifs d'injection de mousse — ainsi que sur une connaissance approfondie des phénomènes dangereux caractéristiques du stockage pétrolier. Cette approche préventive et curative demeure indispensable pour garantir l'intégrité des installations et la sécurité des personnels exposés.

Chapitre V

Elaboration des plans d'attaque

Chapitre V : Elaboration des plans d'attaque

V.1 Introduction :

L'éventualité de survenue d'un incident majeur ou catastrophique à tout moment, dans une raffinerie du pétrole ne peut être ignorée. De ce fait, il apparaît plus que nécessaire de prévoir et de mettre en place un système de gestion des urgences et des crises, qui se traduit par les plans d'attaque et fiches réflexes.

A travers sa politique HSE, SONATRACH vise à réduire la probabilité de la survenance de situation d'urgence pendant le déroulement de ces opérations, mais reconnaît toutefois que de telles situations peuvent se produire et qu'il est indispensable de mettre en place des plans efficaces pour faire face à de telles situations d'urgences.

La partie pratique de ce travail a consisté à mettre en place deux scénarios d'incendie au niveau des bacs à toit flottant A101 et A106 de la raffinerie. Dans un premier temps, les scénarios de feu retenus ont été définis et analysés afin d'évaluer les risques associés. Ensuite, les quantités d'eau et d'émulseur nécessaires à la maîtrise de chaque scénario ont été calculées conformément aux normes et aux exigences de la lutte contre l'incendie. Enfin, sur la base des résultats obtenus, un plan d'attaque incendie a été élaboré afin d'assurer une intervention efficace et sécurisée en cas de sinistre.

V.2 Scénarios d'incendie retenus :

Deux scénarios d'incendie jugés les plus probables ont été retenus pour les bacs de stockage à toit flottant A101 et A106 :

- Défaillance du joint annulaire du toit flottant, entraînant une fuite de produit suivie d'un feu de joint ;
- Rupture totale du toit flottant et submersion de celui-ci, conduisant à un feu de surface.

Les bacs A101 et A106 présentent respectivement des capacités de 10 000 m³ et 12 000 m³. En raison de la nature hautement inflammable du produit stocké, ces installations sont particulièrement exposées au risque d'incendie, ce qui justifie l'étude des scénarios retenus et l'élaboration de mesures de protection adaptées.

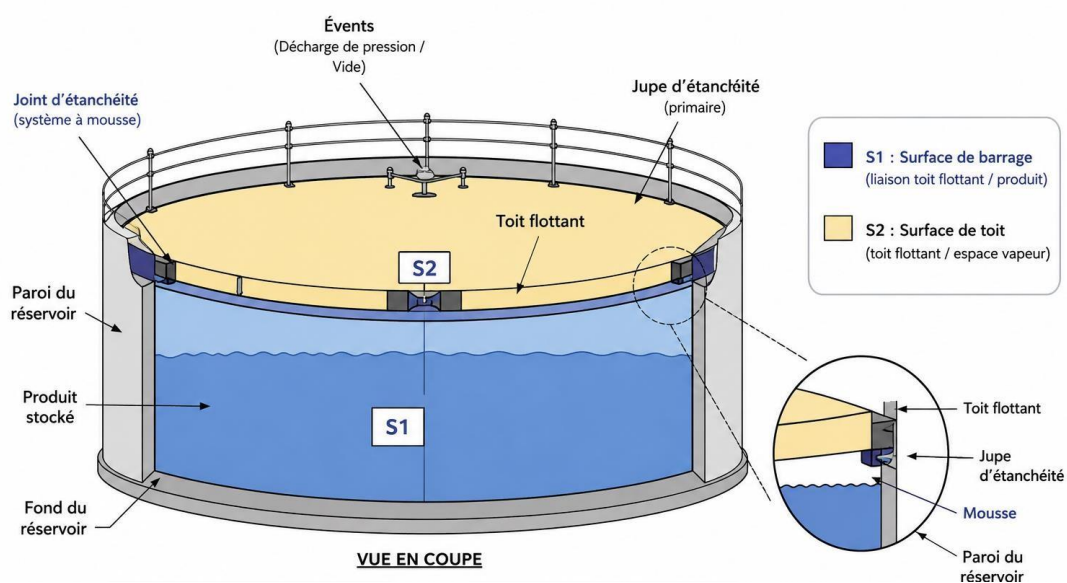
Tableau 13: Les bac A106 et A101

Les bac	Capacité du bac (m³)	Le diamètre du bac (m)	La hauteur du bac (m)	La surface du bac (m²)	Le produit stocké	Point d'éclair (Degré celsius)	La température d'auto d'inflammation (Degré celsius)	La masse volumique (Kg /m³)
A106	12000	32	15	804.2	Essence	-43	280	640-780
A101	10000	28	15	615.75	Essence	-43	280	640-780

V.2.1 Dans le cas du bac A106 :

1-1- Description du 1er scénario :

Ce scénario suppose une défaillance du joint annulaire du toit flottant, entraînant une fuite et une dispersion du produit au niveau de l'espace annulaire. Les frottements entre le joint et la paroi intérieure du bac peuvent alors générer des étincelles susceptibles de constituer une source d'inflammation. En présence des vapeurs d'hydrocarbures et de l'oxygène de l'air, les conditions nécessaires à la formation du triangle du feu sont réunies, provoquant ainsi l'apparition d'un incendie localisé au niveau du joint annulaire du toit flottant.


Figure 44: Feu de joint

Les données disponibles pour le calcul sont les suivantes :

- Rayon du bac : ($r = 16 \text{ m}$) ;
- Nombre de déversoirs : ($n = 4$) ;
- La surface du joint : $S_2 = 72.53 \text{ m}^2$
- Taux d'application en cas de feu de joint :

$$T_{app} = 12.2 \text{ (l / min) / m}^2$$

Afin de déterminer le débit de solution moussante ainsi que les quantités d'eau et d'émulseur nécessaires à la maîtrise du feu de joint, il est nécessaire de calculer en premier lieu la surface annulaire concernée par l'incendie.

Ainsi, la surface du joint annulaire sera calculée afin de déterminer le débit de solution moussante requis, ainsi que les quantités d'eau et d'émulseur nécessaires à la maîtrise de l'incendie.

1) Le débit de prémélange D_{pm} :

Le débit de prémélange (D_{pm}) nécessaire pour l'extinction du feu de joint est calculé à partir du taux d'application de la mousse et de la surface du joint annulaire :

$$D_{pm} = T_{app} \times S_2$$

$$D_{pm} = 12.2 \times 72.53 = 884.866 \text{ l / min} = \mathbf{0.885 \text{ m}^3 / \text{min}}$$

2) Le débit générer par chaque déversoir D_{dev} :

Le débit de prémélange est réparti uniformément entre les quatre déversoirs installés sur le bac. Le débit fourni par chaque déversoir est donc donné par :

$$D_{dev} = \frac{D_{p,m}}{n} = \frac{884.866}{4}$$

$$D_{dev} = \mathbf{221.21 \text{ L/min}}$$

3) La hauteur de la mousse dans une minute H_m :

La hauteur de mousse générée en une minute est calculée à partir du débit de prémélange, du

coefficient d'expansion de la mousse et de la surface à couvrir :

$$H_m = \frac{F \times D_{p,m}}{S_2} = \frac{6 \times 0.885}{72.53}$$

$$H_m = 7.315 \text{ cm / min}$$

F : le foisonnement

4) La hauteur de la mousse dans 10 minute (totale) $H_{m,t}$:

La hauteur totale de mousse générée pendant une durée de 10 minutes est donnée par :

$$H_{m,t} = H_m \times 10 = 7.315 \times 10$$

$$H_{m,t} = 73.15 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$$

La hauteur obtenue est supérieure à la hauteur minimale recommandée de 20 cm pour assurer une couverture efficace de la surface en feu. Afin de déterminer le temps nécessaire pour atteindre cette hauteur minimale de 20 cm, on établit la proportion suivante :

$$T = \frac{20 \times 10}{73.15} = 2.75 \text{ min}$$

Ainsi, une hauteur de mousse de 20 cm est atteinte après environ **2,73 minutes** (soit 2 min 44 s). Le taux d'application retenu permet donc d'obtenir rapidement une couverture de mousse suffisante et de maintenir cette couverture pendant toute la durée d'attaque de **10 minutes**.

Calcul des quantités d'eau et d'émulseur nécessaires

Après avoir déterminé le débit de prémélange requis, il convient de calculer les quantités d'eau et d'émulseur consommées pendant la durée d'application de la mousse, fixée à 10 minutes.

5) Quantité de prémélange dans 10 min (totale) $Q_{p,m,t}$:

$$Q_{p,m,t} = D_{p,m} \times 10 = 884.866 \times 10$$

$$Q_{p,m,t} = 8848.66 \text{ l}$$

6) Quantité d'eau dans 10 min :

$$Q_{eau} = Q_{p,m,t} \times 0.94 = 8848.66 \times 0.94$$

$$Q_{\text{eau}} = 8317.74 \text{ l}$$

7) Quantité d'émulseur dans 10 min :

$$Q_{\text{émulseur}} = Q_{\text{p.m.t}} \times 0.06 = 8848.66 \times 0.06$$

$$Q_{\text{émulseur}} = 530.91 \text{ l}$$

Le Tableau 14 : Récapitulatif des paramètres de calcul, des débits, des hauteurs de mousse générées et des quantités d'eau et d'émulseur nécessaires pour l'extinction d'un feu de joint annulaire sur **bac A106**.

Tableau 14: Récapitulatif des paramètres de calcul, des débits, des hauteurs de mousse générées et des quantités d'eau et d'émulseur nécessaires pour l'extinction d'un feu de joint annulaire sur bac A106

Paramètre	Symbole	Formule	Résultat
Surface du joint annulaire	S_2	-	72,53 m ²
Taux d'application	τ_{app}	-	12,2 L/min/m ²
Débit de prémélange	$D_{\text{p.m}}$	$\tau_{\text{app}} \times S_2$	884,87 L/min (0,885 m ³ /min)
Nombre de déversoirs	n	-	4
Débit par déversoir	D_{dev}	$D_{\text{p.m}} / n$	221,22 L/min
Foisonnement de la mousse	F	-	6
Hauteur de mousse en 1 min	H_{m}	$(F \times D_{\text{p.m}}) / S_2$	7,315 cm/min
Hauteur de mousse en 10 min	$H_{\text{m.t}}$	$H_{\text{m}} \times 10$	73,15 cm
Hauteur minimale requise	-	-	20 cm
Temps pour atteindre 20 cm	T	$(20 \times 10) / 73,15$	2,73 min
Quantité totale de prémélange	$Q_{\text{p.m.t}}$	$D_{\text{p.m}} \times 10$	8 848,66 L
Quantité d'eau	Q_{eau}	$Q_{\text{p.m.t}} \times 0,94$	8 317,74 L
Quantité d'émulseur	Q_{emuls}	$Q_{\text{p.m.t}} \times 0,06$	530,92 L

Interprétation des résultats :

Le débit de prémélange requis pour l'extinction du feu de joint annulaire est de **884,87 L/min**, réparti entre quatre déversoirs à raison de **221,22 L/min par déversoir**. Le système permet de générer une hauteur de mousse de **73,15 cm en 10 minutes**, largement supérieure à la hauteur minimale requise de **20 cm**, atteinte en seulement **2,73 minutes**. Pour une durée d'application de 10 minutes, les besoins sont estimés à **8 317,74 L d'eau** et **530,92 L d'émulseur à 6 %**.

1-2- Description du 2eme scénario :

Ce scénario suppose une rupture totale du toit flottant entraînant sa submersion complète dans le produit stocké. La surface de l'hydrocarbure se retrouve alors directement exposée à l'air ambiant, favorisant la formation d'un mélange inflammable de vapeurs et d'oxygène.

Dans ces conditions, l'apparition d'une source d'inflammation suffit à déclencher un incendie de surface. Cette source peut provenir de plusieurs origines, notamment des étincelles générées par les frottements entre le toit flottant et la paroi intérieure du bac lors de sa défaillance, ou encore d'un impact de foudre sur l'installation.

La présence simultanée du combustible (essence), du comburant (oxygène de l'air) et d'une source d'ignition conduit à la formation du triangle du feu et à l'embrasement de toute la surface libre du produit, générant ainsi un feu de surface de grande ampleur.

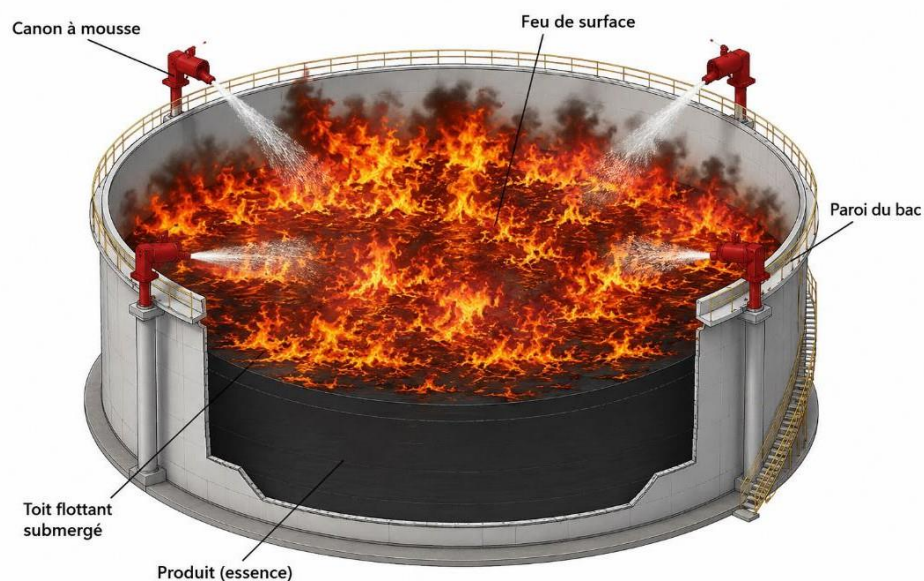


Figure 45: feu de toit

Tableau 14 récapitulatif des résultats des calculs relatifs au scénario de feu de surface suite à la submersion du toit flottant.

Tableau 15: Résultats des calculs relatifs au scénario de feu de surface (submersion du toit flottant)

Paramètre	Symbole	Formule	Résultat
Rayon du bac	r	-	16 m
Nombre de déversoirs	n	-	4
Débit maximal d'un déversoir	D _{dev}	-	4 m ³ /min (4 000 L/min)
Débit total de mousse généré	D _m	D _{dev} × n	16 m ³ /min (16 000 L/min)
Surface du bac	S _{bac}	πr^2	804,24 m ²
Durée d'application	t	-	20 min
Hauteur de mousse générée en 20 min	H _m	(D _m /S _{bac}) × 20	0,398 m (39,8 cm)
Hauteur minimale requise	-	-	20 cm
Temps pour atteindre 20 cm	T	(20 × 20)/39,8	10,05 min
Foisonnement	F	-	6
Quantité totale de prémélange	Q _{p.m}	(D _m × 20)/F	53 333,33 L
Quantité d'eau utilisée	Q _{eau}	Q _{p.m} × 0,94	50 133,33 L (50,13 m ³)
Quantité d'émulseur utilisée	Q _{emuls}	Q _{p.m} × 0,06	3 200 L (3,20 m ³)

1-3- Choix des moyens d'intervention et évaluation de l'autonomie

À partir des résultats obtenus lors des calculs des besoins en eau et en émulseur pour les scénarios étudiés, le choix s'est porté sur les moyens d'intervention disponibles au niveau de la raffinerie, à savoir :

- ✓ Un camion d'incendie Renault Sides (2018), doté d'une capacité de 2 000 L d'eau et de 6 000 L d'émulseur ;
- ✓ Un camion d'incendie Iveco Chinetti (2008), disposant d'une capacité de 7 400 L d'émulseur.
- ✓ Le débit des déversoirs : **D_m** = 16000 l / min
- ✓ La capacité du camion : **C_{camion}** = 13400 l.

- La quantité totale d'émulseur disponible est donc :

$$C_{\text{camion}} = 6000 + 7400 = 13400 \text{ L}$$

- Le débit total de mousse généré par les quatre déversoirs est :

$$D_m = 16000 \text{ L/min}$$

- La consommation d'émulseur est donnée par :

$$Q_{\text{emuls/min}} = (D_m \times 0,06) / 6 = 160 \text{ L/min}$$

- L'autonomie théorique des deux camions est alors :

$$T = C_{\text{camion}} / Q_{\text{emuls/min}} = 13400 / 160 = 83,75 \text{ min.}$$

Ainsi, les deux camions disposent d'une réserve d'émulseur suffisante pour assurer une alimentation continue du système d'extinction pendant environ 83,75 minutes, soit 1 heure et 24 minutes, ce qui est largement supérieur à la durée d'application de 20 minutes retenue pour le scénario de feu de surface.

1-4- Quantité d'eau utilisé pour le refroidissement pour les 02 scénarios :

Afin de déterminer la quantité d'eau nécessaire au refroidissement, il est d'abord nécessaire d'identifier les bacs susceptibles d'être impactés par le rayonnement thermique généré par l'incendie. Dans cette étude, la distance d'effet du rayonnement thermique est estimée selon la relation suivante :

Le rayonnement = $2.5 \times \text{rayon}$.

Donc le rayonnement = $2.5 \times 16 = 40 \text{ m}$

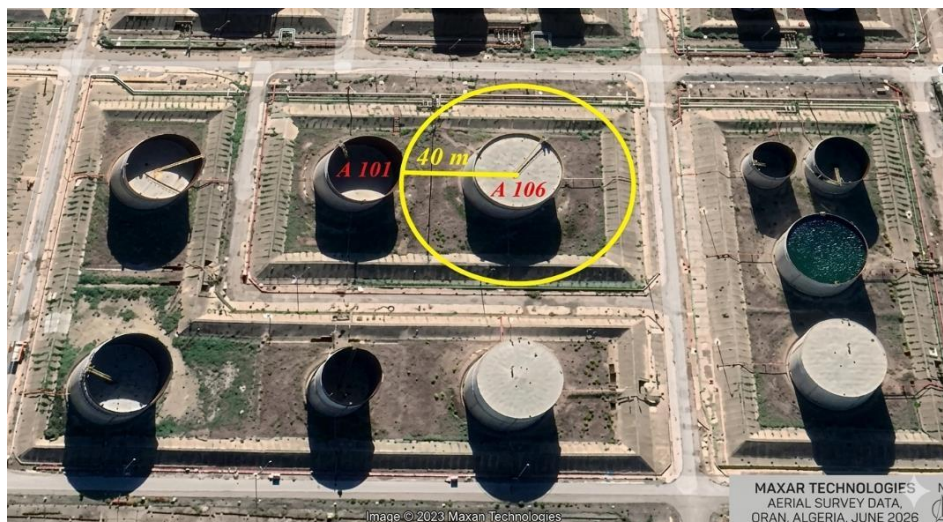


Figure 46: le rayon du rayonnement thermique du bac A106.

D'après le calcul du rayon d'impact du rayonnement thermique et les mesures des distances séparant les différents bacs de stockage, il a été déterminé que le bac **A101** est le seul bac

susceptible d'être affecté par le rayonnement thermique en cas d'incendie du bac **A106**. Après avoir identifié les bacs nécessitant un refroidissement, il convient de déterminer les quantités d'eau requises pour chaque scénario d'incendie étudié.

Tableau 16: Données géométriques et paramètres de calcul des besoins en eau de refroidissement

Paramètre	Bac A106	Bac A101	Unité
Rayon du bac (r)	16	14	m
Hauteur du bac (h)	16,2	16,8	m
Nombre de pulvérisateurs (n)	163	148	-
Taux d'application de refroidissement (τ_{app})	3	3	L/min/m ²

1-5- Calcul des besoins en eau de refroidissement

Surface de la robe des bacs

La surface latérale (robe) de chaque bac est calculée à partir de la circonférence du bac et de sa hauteur :

$$S_{r.A106} = \text{Circonférence du bac} \times h = 2 \times r \times \pi \times h = 2 \times 16 \times \pi \times 16.2$$

$$S_{r.A106} = 1628.6 \text{ m}^2$$

$$S_{r.A101} = \text{Circonférence du bac} \times h = 2 \times r \times \pi \times h = 2 \times 14 \times \pi \times 16.8$$

$$S_{r.A101} = 1477.8 \text{ m}^2$$

Le débit d'eau utilisé pour le refroidissement :

$$D_{eau.A106} = S_{robe} \times \tau_{app} = 1628.6 \times 3$$

$$D_{eau.A106} = 4885.8 \text{ l/min}$$

$$D_{eau.A101} = S_{robe} \times \tau_{app} = 1477.8 \times 3$$

$$D_{eau.A101} = 4433.4 \text{ l/min}$$

Le débit d'eau totale pour les 02 bacs : **9319.2 l/min**

Le débit d'eau généré par chaque pulvérisateur :

$$D_{puls.A106} = \frac{D_{eau.A106}}{n} = \frac{4885.8}{163}$$

$$D_{puls.A106} = 30 \text{ l/min}$$

$$D_{puls.A101} = \frac{D_{eau.A101}}{n} = \frac{4433}{148}$$

$$D_{puls.A101} = 30 \text{ l/min}$$

La quantité d'eau utilisé pendant 10 min dans le cas du premier scénario :

$$Q_{eau} = D_{eau.totale} \times 10 = 9319.2 \times 10$$

$$Q_{eau} = 93.192 \text{ m}^3$$

La quantité d'eau utilisé pendant 20 min dans le cas du deuxième scénario :

$$Q_{eau} = D_{eau.totale} \times 20 = 9319.2 \times 20$$

$$Q_{eau} = 186.384 \text{ m}^3$$

Les résultats obtenus montrent que les réserves disponibles en eau et en émulseur sont suffisantes pour assurer la maîtrise des scénarios d'incendie étudiés. Ces ressources permettent non seulement de garantir l'extinction du feu, mais également d'assurer le refroidissement des bacs exposés au rayonnement thermique, conformément aux exigences de sécurité applicables aux installations de stockage d'hydrocarbures.

V.2.2 Plan d'attaque incendie proposé

Après l'élaboration des deux scénarios d'incendie relatifs au bac A106 et la réalisation des calculs nécessaires pour déterminer les moyens d'intervention ainsi que les quantités d'agents extincteurs requises, il est possible d'établir un plan d'attaque détaillé décrivant les actions à entreprendre dès la réception de l'alerte sur le réseau radio F1.

Stratégie d'intervention adoptée

1. Déclenchement de l'intervention

Dès la réception de l'alerte sur le réseau radio F1, l'équipe d'intervention est mobilisée et se dirige vers le lieu du sinistre avec les moyens suivants :

- Les deux camions d'incendie ;
- Le véhicule de premiers secours (VPS) ;

- L'ambulance.

2. Reconnaissance initiale

À l'arrivée sur le site, le chef de quart intervention effectue une reconnaissance en coordination avec le chef de quart exploitation afin de :

- Identifier la nature du produit impliqué ;
- Évaluer l'étendue du sinistre ;
- Vérifier la présence éventuelle de victimes ;
- Organiser l'évacuation et la prise en charge des blessés si nécessaire.

1. Mise en sécurité des installations

En coordination avec le personnel d'exploitation, les dispositifs fixes de refroidissement sont mis en service afin de protéger les installations exposées au rayonnement thermique. Le refroidissement du bac en feu ainsi que du bac voisin susceptible d'être impacté est assuré par les opérateurs d'exploitation.

2. Choix des points d'attaque

Le chef de quart détermine les points d'attaque les plus appropriés en tenant compte de la direction et de la vitesse du vent, des voies d'accès ainsi que des conditions de sécurité. Il désigne ensuite une équipe chargée de la mise en œuvre des camions d'incendie et de leur raccordement aux collecteurs du réseau mousse.

3. Positionnement des moyens de secours

L'ambulance est guidée vers une zone sécurisée située à l'écart des effets thermiques et des fumées afin de garantir une éventuelle prise en charge rapide des victimes.

4. Préparation des moyens d'extinction

Après vérification du bon fonctionnement des équipements et des raccordements, les deux camions sont mis en configuration opérationnelle. Le camion Renault Sides 2018 est désigné comme moyen principal d'extinction, tandis que le second camion est maintenu en réserve afin de garantir la continuité de l'intervention en cas de défaillance ou de besoin supplémentaire.

5. Extinction de l'incendie

L'opération d'extinction débute par la mise en marche du camion principal et l'alimentation du réseau mousse. L'application de la mousse est maintenue pendant la durée requise pour chaque scénario d'incendie, tout en assurant un contrôle permanent de l'efficacité de l'attaque et du refroidissement des installations environnantes jusqu'à l'extinction complète du sinistre.

6. Surveillance post-extinction

Après l'extinction du feu, une surveillance continue est maintenue afin de prévenir toute reprise d'incendie. Le refroidissement est poursuivi si nécessaire jusqu'au retour à des conditions de sécurité satisfaisantes.

Tableau 17: les résultats obtenue grâce a l'étude sur le bac A106

Les scénarios sur le bac A106	Feu de joint	Feu de bac
Le produit stockée	Essence sans plomb	Essence sans plomb
Capacité du bac (m³)	12000	12000
Diamètre du bac (m³)	32	32
Surface de barrage a mousse (m²)	72.53	72.53
La surface du bac (m²)	804.2	804.2
La surface du parois (m²)	1628.6	1628.6
Le nombre des déversoirs	4	4
Le débit de déversoir (l/min)	4000	4000
Le volume d'eau de l'extinction (m³)	8.317	50.133
Le volume d'émulseur (l)	530.91	3200
Le volume d'eau de refroidissement (m³)	93.192	186.348
Le débit de pré-mélange (l/min)	884.86	2666.66
Le camion choisir pour l'extinction	Renault Sides 2018 -2000l eau -6000l émulseur	Renault Sides 2018 -2000l eau -6000l émulseur
Le débit du camion (l/min)	7500	7500

V.2.3 Etude des scénarios incendies du bac A101 :

La même méthodologie a été appliquée au bac A101. Les deux scénarios d'incendie retenus, à savoir le feu de joint annulaire et le feu de surface consécutif à la submersion du toit flottant, ont été étudiés selon la même démarche que celle adoptée pour le bac A106.

Les calculs relatifs aux besoins en émulseur, en eau d'extinction, en eau de refroidissement ainsi qu'à l'autonomie des moyens d'intervention ont été réalisés sur la base des caractéristiques géométriques et opérationnelles propres au bac A101.

Les résultats obtenus ont permis d'élaborer un plan d'attaque incendie adapté à ce bac, en tenant compte des moyens disponibles, des installations de protection existantes et des exigences de

sécurité applicables aux réservoirs de stockage d'hydrocarbures. Les tableaux 17 et 18 présentent les résultats des calculs relatifs aux différents paramètres étudiés pour le premier et le deuxième scénario d'incendie.

Tableau 18: Récapitulatif – Feu de joint annulaire du bac A101(1er scénario)

Paramètre	Résultat
Rayon du bac (m)	14
Nombre de déversoirs (-)	3
Taux d'application (L/min/m²)	12,2
Surface du joint annulaire (m²)	64,71
Débit de prémélange (L/min)	789,46
Débit de prémélange (m³/min)	0,789
Débit par déversoir (L/min)	263,15
Foisonnement (-)	6
Hauteur de mousse en 1 minute (cm/min)	7,315
Hauteur de mousse en 10 minutes (cm)	73,15
Hauteur minimale requise (cm)	20
Temps nécessaire pour atteindre 20 cm (min)	2,75
Quantité totale de prémélange en 10 min (L)	7 894,6
Quantité d'eau en 10 min (L)	7 420,92
Quantité d'émulseur en 10 min (L)	473,67

Tableau 19: Récapitulatif – Scénario de feu de surface du bac A101 (2ème scénario)

Paramètre	Résultat
Rayon du bac (m)	14
Nombre de déversoirs (-)	3
Débit maximal d'un déversoir (L/min)	4 000
Débit maximal d'un déversoir (m³/min)	4
Débit total de mousse généré (L/min)	12 000
Débit total de mousse généré (m³/min)	12
Surface du bac (m²)	615,75
Durée d'application (min)	20
Hauteur de mousse générée en 20 min (cm)	39
Hauteur minimale requise (cm)	20
Temps nécessaire pour atteindre 20 cm (min)	10,25
Foisonnement (-)	6
Quantité totale de prémélange en 20 min (L)	40 000
Quantité d'eau utilisée en 20 min (L)	37 600
Quantité d'eau utilisée en 20 min (m³)	37,6
Quantité d'émulseur utilisée en 20 min (L)	2 400
Quantité d'émulseur utilisée en 20 min (m³)	2,4
Capacité totale en émulseur des camions (L)	13 400
Temps d'autonomie des camions (min)	111,66
Temps d'autonomie des camions (h:min)	1h 52 min

V.2.4 Quantité d'eau utilisé pour le refroidissement pour les 02 scénarios :

La même méthodologie de calcul a été appliquée au bac **A106** afin d'évaluer les besoins en eau de refroidissement ainsi que les moyens nécessaires pour assurer la protection des installations exposées au rayonnement thermique. Les calculs ont été réalisés selon les mêmes hypothèses et critères retenus pour le bac A101. Les résultats obtenus sont récapitulés dans le **Tableau 19**.

Tableau 20: Résultats des calculs relatifs au refroidissement du bac A106

Paramètres	Résultats
Rayon du bac (m)	16
Hauteur du bac (m)	16,2
Nombre de pulvérisateurs (-)	163
Taux d'application de refroidissement (L/min/m ²)	3
Surface de la robe du bac (m ²)	1 628,6
Débit d'eau de refroidissement (L/min)	4 885,8
Débit par pulvérisateur (L/min)	30
Durée de refroidissement – Scénario 1 (min)	10
Quantité d'eau utilisée – Scénario 1 (L)	48 858
Quantité d'eau utilisée – Scénario 1 (m ³)	48,858
Durée de refroidissement – Scénario 2 (min)	20
Quantité d'eau utilisée – Scénario 2 (L)	97 716
Quantité d'eau utilisée – Scénario 2 (m ³)	97,716

Interprétation : Les besoins en eau de refroidissement du bac A106 sont estimés à 48,858 m³ pour le scénario de feu de joint annulaire et à 97,716 m³ pour le scénario de feu de surface. Les moyens hydrauliques disponibles permettent de couvrir ces besoins tout en assurant la protection du bac contre les effets du rayonnement thermique.

V.2.5 Plan d'attaque :

À la suite de l'élaboration des deux scénarios d'incendie relatifs au bac A101 et de l'étude réalisée pour déterminer les moyens d'intervention ainsi que les quantités d'agents extincteurs nécessaires à leur maîtrise, un plan d'attaque incendie a été établi afin de définir les actions à entreprendre dès la réception de l'alerte sur le réseau radio F1.

L'étude effectuée a permis de sélectionner les moyens d'intervention les plus adaptés. Sur la base des quantités d'eau et d'émulseur requises ainsi que du débit de prémélange nécessaire pour les deux scénarios étudiés, le choix s'est porté sur le camion d'incendie Renault Sides 2018, doté d'une capacité de 2 000 L d'eau, de 6 000 L d'émulseur et d'un débit nominal de 5

000 L/min. Ce moyen répond aux exigences opérationnelles définies par les calculs réalisés.

Stratégie d'intervention adoptée

- Dès la réception de l'alerte sur le réseau radio F1, l'équipe d'intervention est mobilisée et se dirige vers le lieu du sinistre avec les deux camions d'incendie, le véhicule de premiers secours (VPS) et l'ambulance.
- À son arrivée sur le site, le chef de quart intervention effectue une reconnaissance en coordination avec le chef de quart exploitation afin d'identifier la nature du produit impliqué, d'évaluer la situation et d'assurer l'évacuation des éventuelles victimes.
- En coordination avec le service exploitation, le refroidissement du bac A101 en feu ainsi que du bac A106 exposé au rayonnement thermique est mis en œuvre par les opérateurs d'exploitation.
- Le chef de quart détermine les points d'attaque en tenant compte de la direction du vent et des conditions de sécurité. Il désigne ensuite une équipe chargée de la mise en place des camions et de leur raccordement aux collecteurs du réseau mousse.
- Le conducteur de l'ambulance est orienté vers une zone sécurisée permettant une éventuelle prise en charge rapide des victimes.
- Après vérification du bon fonctionnement des équipements, un camion est affecté à l'extinction tandis que le second est maintenu en réserve afin d'assurer la continuité de l'intervention en cas de besoin.
- L'opération d'extinction débute par la mise en service du camion principal Renault Sides 2018 et l'alimentation du réseau mousse. L'application de la mousse est maintenue pendant la durée requise pour chaque scénario, tout en assurant un suivi permanent de l'efficacité de l'extinction et du refroidissement des installations voisines.
- Une fois l'incendie maîtrisé, une phase de surveillance est maintenue afin de prévenir toute reprise de feu et de garantir le retour à des conditions de sécurité satisfaisantes.

Tableau 21: les résultats obtenue grâce a l'étude sur le bac A101

Les scénarios sur le bac A101	Feu de joint	Feu de bac
Le produit stockée		
Capacité du bac (m ³)	10000	10000
Diamètre du bac (m ³)	28	28
La surface de joint (m ³)	64.71	64.71
La surface du bac (m ²)	615.75	615.75
La surface du parois (m ²)	1628.6	1628.6
Le nombre des déversoirs	4	4
Le débit de déversoir (l/min)	4000	4000
Le volume d'eau de l'extinction (m ³)	7.421	37.6
Le volume d'émulseur (l)	473.67	2400
Le volume d'eau de refroidissement (m ³)	93.192	186.348
Le débit de pré-mélange (l/min)	789.46	2000
Le camion choisir pour l'extinction	Renault Sides 2018 -2000l eau -6000l émulseur	Renault Sides 2018 -2000l eau -6000l émulseur
Le débit du camion (l/min)	7500	

V.3 Conclusion :

Les incendies de bacs de stockage constituent des accidents majeurs pouvant engendrer d'importantes conséquences humaines, matérielles et environnementales. Pour cette raison, des efforts considérables sont déployés par les services de sécurité et d'intervention afin d'assurer la surveillance, la maintenance et l'amélioration continue des moyens de lutte contre l'incendie, dans le but de protéger les installations et de préserver la continuité de l'exploitation.

Dans le cadre du présent travail, une étude a été réalisée sur deux scénarios d'incendie susceptibles de se produire au niveau des bacs à toit flottant A101 et A106 du parc de stockage de la raffinerie d'Alger, à savoir le feu de joint annulaire et le feu de surface consécutif à la submersion du toit flottant.

Les calculs effectués ont permis de déterminer les quantités d'eau et d'émulseur nécessaires à la maîtrise de ces scénarios, conformément aux exigences des normes internationales applicables, notamment la norme NFPA 11. Cette démarche a conduit à l'identification des paramètres opérationnels optimaux garantissant une intervention efficace et sécurisée.

Sur la base des résultats obtenus, des plans d'attaque incendie intégrant les opérations d'extinction et de refroidissement ont été élaborés pour chacun des scénarios étudiés. L'analyse réalisée a démontré que les moyens humains et matériels disponibles au niveau de la raffinerie d'Alger sont suffisants pour faire face à ce type d'incendie et en assurer la maîtrise dans des conditions conformes aux exigences de sécurité industrielle.

Conclusion

Conclusion :

Ce travail de recherche et d'ingénierie de sécurité a été mené dans le but de doter la raffinerie d'Alger d'un outil décisionnel et opérationnel robuste face à l'un des risques les plus critiques de l'industrie du raffinage : le feu de joint de jante sur les bacs à toit flottant A101 et A106. Bien que ce type de sinistre commence souvent de manière localisée, la rapidité de sa propagation et le potentiel d'effet domino exigent une réponse tactique immédiate et infaillible.

L'analyse technique et les calculs hydrauliques effectués tout au long de cette étude ont permis d'évaluer la conformité des systèmes de protection existants et de quantifier précisément les besoins en agents extincteurs (eau et émulseur) conformément aux standards internationaux (NFPA 11 et NFPA 30). L'élaboration des plans d'attaque spécifiques à ces deux bacs a permis de traduire les données théoriques en fiches de manœuvre opérationnelles, définissant clairement le rôle des équipes d'intervention, le déploiement du matériel mobile (canons à mousse) et la gestion des pressions sur le réseau incendie.

En définitive, la sécurité absolue n'existe pas dans les installations de stockage d'hydrocarbures, mais la préparation, la standardisation des procédures d'attaque et la maintenance rigoureuse des systèmes fixes restent les seuls garants de la préservation des vies humaines, de l'outil de production et de l'écosystème environnant de la raffinerie.

Suggestions et Recommandations (Perspectives) :

- ✓ Exercices de simulation réels (Drills) : Organiser des exercices à blanc réguliers basés spécifiquement sur les scénarios des bacs A101 et A106 pour tester le temps de réaction des opérateurs et la mise en pression des couronnes de mousse.
- ✓ Accessibilité des fiches d'attaque : Plastifier et afficher les plans d'attaque simplifiés (fiches réflexes) au niveau de la salle de contrôle centrale (DCS) et du poste central de sécurité (PCS) pour un accès instantané en cas d'alerte.
- ✓ Automatisation de la détection : Installer, si ce n'est pas déjà fait, des systèmes de détection linéaire de chaleur de type "câble numérique" ou des détecteurs optiques infrarouges avancés tout au long du joint annulaire pour détecter le feu dès la première étincelle (phase d'incubation).
- ✓ Mise à niveau des systèmes d'injection : Procéder à des audits hydrauliques périodiques

pour s'assurer que les chambres à mousse et les déversoirs sur les toits flottants ne sont pas obstrués par la corrosion ou les intempéries.

- ✓ Gestion du stock d'émulseur : Maintenir en permanence un stock stratégique d'émulseur (de type Fluoroprotéique ou AFFF adapté aux hydrocarbures stockés) supérieur de 20% aux calculs théoriques de la NFPA pour parer à tout imprévu lors d'une extinction prolongée.

Références bibliographiques

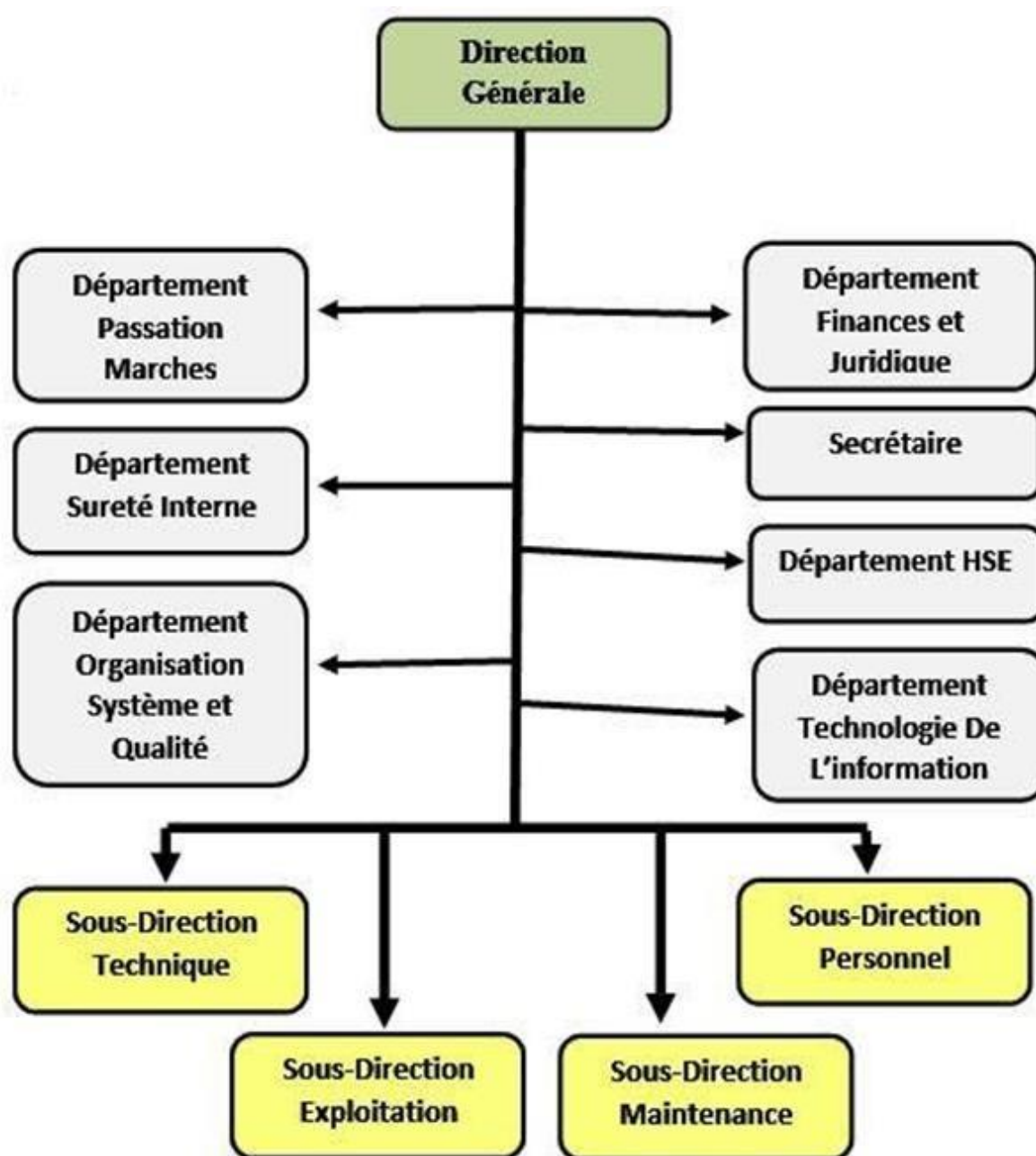
Références bibliographiques :

- [1] « Cour Risques Incendies Licence 3ème Mr KEDDAR Mohamed ».
- [2] « Université de Skikda - Cours sécurité incendie 3ème année HSI Mr KHELFAOUI .M ».
- [3] « Université de Montpellier - SÉCURITÉ INCENDIE Guide pédagogique ».
- [4] « IAP-Ecole de Hassi Messaoud - LUTTE CONTRE L'INCENDIE - Animateur : DRIDI Nabil - Janvier 2016 ».
- [5] « Cour simulation feu incendie sie M2 Mr.tires ».
- [6] « Cour Risque Incendie – Second part ».
- [7] « BENMEBROUK Ishak, ROUMITTE Farid « Étude analytique des risques technologiques liés au stockage des hydrocarbures, Cas De REB (Hassi-Messaoud) » MÉMOIRE Pour l'obtention du diplôme de Master, Université M'hamed Bougara De Boumerdès, Faculté Des Sciences De L'ingénieur 2018 / 2019.
- [8] « Université Echahid Hamma Lakhdar El-oued - Cours de stockage et transport des hydrocarbures – M2 génie du raffinage Dr. Ferhat Mohammed Fouad »
- [9] « Stockage Des Produits Pétroliers »
- [10] « BAHOUSSI LOQMANE, BACHIR OKBA « Etude de sécurité incendie de champs Rhourde El Baguel » MÉMOIRE Pour l'obtention du diplôme de Master, UNIVERSITÉ D'ORAN 2, INSTITUT DE MAINTENANCE ET DE SECURITE INDUSTRIELLE 2024/2025. »
- [11] « Tolba ayyoub, Messalaem essaddiq « Description Le Systeme De Sécurité Incendie Au Niveau De Station Compression Sud » Pour l'obtention du diplôme de licence professionnelle, UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA, 2016-2017. »
- [12] « IAP SKIKDA - Séminaire SECURITE INCENDIE - Mr.R.NAMOUS ».

Annexes



Annexe 2: Organigramme de la raffinerie d'Alger



Annexe 3: Organigramme du service de l'environnement

