



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

محمد بن أحمد د2 جامعة وهران

UNIVERSITÉ D'ORAN 2 MOHAMED BEN AHMED

معهد الصيانة والأمن الصناعي

INSTITUT DE MAINTENANCE ET DE SECURITE INDUSTRIELLE

Département Sécurité industrielle et
environnement

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

THEME

Etude de sécurité incendie de champs Rhourde El Baguel

Présenté et soutenu par :

BAHOUSI LOQMANE

BACHIR OKBA

Devant le jury composé de :

Nom et prénom	Grade	Etablissement	Qualité
MM. Beloufa Khadidja	MAA	IMSI	Présidente
MM. TALBI Zahira	MCB	IMSI	Encadreuse
MM. Benomar Fatima	MCB	IMSI	Examinatrice

Année Universitaire : 2024/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Abstract

This study presents an in-depth analysis of fire safety in a petroleum storage facility. The main objective is to identify high-risk areas, develop an effective intervention plan, and verify the compliance of the fire network with NFPA standards, particularly NFPA 11. The analysis focuses on three critical fire scenarios: a tank fire, a bund fire, and a fire involving a floating roof. Precise calculations were carried out to determine the water and foam requirements for extinguishing and cooling, in order to assess the actual performance of the existing fire protection system. The study highlights the importance of an integrated approach that combines technical diagnostics, resource modeling, and adherence to international standards to ensure optimal protection against industrial fires.

Keywords : Fire safety, Sonatrach, Rhourde El Baguel, NFPA 11, fire protection network, intervention plan.

Résumé

Cette étude approfondie porte sur la sécurité incendie au sein d'une entreprise Sonatrache division production direction Rhourde El Baguel , Elle a pour objectif principal l'identification des zones à haut risque, l'élaboration d'un plan d'intervention efficace et la vérification du réseau incendie conformément aux normes NFPA, notamment la NFPA 11. L'analyse repose sur trois scénarios d'incendie critiques : un feu de bac de stockage, un feu de cuvette de rétention, et un feu impliquant le toit flottant d'un bac. Pour chacun de ces scénarios, des calculs précis ont été réalisés pour déterminer besoins en eau et en émulseur nécessaires à l'extinction et au refroidissement, afin d'évaluer la capacité réelle du réseau incendie existant. L'étude démontre l'importance d'une approche intégrée combinant diagnostic technique, modélisation des besoins en ressources et conformité aux standards internationaux pour assurer une protection optimale contre les incendies industriels.

Mots-clés : sécurité incendie, Sonatrach, Rhourde El Baguel, NFPA 11, réseau incendie, plan d'intervention.

المخلص

تتناول هذه الدراسة تقييماً شاملاً للسلامة من الحرائق داخل مؤسسة سوناطراك، فرع الإنتاج، منطقة رورد الإقل، وتهدف أساساً إلى تحديد المناطق عالية الخطورة، وإعداد خطة تدخل فعالة، والتحقق من مطابقة شبكة الإطفاء لمعايير NFPA ، لا سيما المعيار 11 NFPA تعتمد التحاليل على ثلاثة سيناريوهات حرائق حرجية: حريق في خزان التخزين، حريق في حوض الاحتواء، وحريق في سقف الخزان العائم. تم إجراء حسابات دقيقة لتحديد كميات المياه والرغوة المطلوبة للإطفاء والتبريد، بهدف تقييم قدرة الشبكة الحالية على الاستجابة. وتُبرز الدراسة أهمية اتباع نهج متكامل يجمع بين التشخيص الفني، ونمذجة الموارد المطلوبة، والامتثال للمعايير الدولية من أجل ضمان حماية مثلى ضد الحرائق الصناعية

الكلمات المفتاحية : السلامة من الحرائق، سوناطراك، رورد الباقل، 11 NFPA، شبكة مكافحة الحرائق، خطة التدخل.

Remerciements

Grâce à la volonté d 'ALLAH Le Tout Puissant et Bienveillant que ce travail a été achevé.
Merci ALLAH pour nous avoir permis de réaliser et de concrétiser un rêve merveilleux

Un grand merci est destiné à notre encadreur Mrs TALBI Zahira qui nous a dirigés dans notre mémoire et pour ces compétences qui ont permis la réalisation de cette étude.

On exprime aussi nos sincères reconnaissances à tous les professeurs qui nous ont enseigné durant toutes les années d'études dans l'institut de maintenance et sécurité industrielle jusqu'à ce niveau de Master «2» et plus particulièrement au enseignants de département d'hygiène et sécurité industrielle qui on vraiment enrichie nos connaissances par leurs compétences

On exprime nos remerciements les plus chaleureux au personnel de l'entreprise Sonatrache Division Production Direction rhourde El Baguel et plus particulièrement Messieurs BELGGOUR ABDERHMANE, IKDOUMI FATEH et MORSLI NADJAT.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent aussi aux membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement à l'avancement et la réalisation de ce mémoire, On exprime nos remerciements les plus chaleureux. Merci à tous et à toutes.

DEDICACE

*On dédie ce travail à mes très **Chers Parents**, pour leur soutien et tous les efforts Qu'ils m'ont donné le long de mon parcours.*

Merci pour les valeurs nobles et le soutien permanent venu de vous.

*A Mes chère frères **Omar** et **Youcef** et **Ma Sœur**, merci tous et toutes.*

*A Ma nièce **Sofia** et **Douha**, A Toute Ma Famille.*

*A Mes très chers Amis **Boubagui Noureddine** et qui mon aidé tout au long de mon parcours universitaire.*

*A mon binôme **Bachir okba** qui ma était d'un aide pour la rédaction de cette mémoire.*

BAHOUSI LOQMANE.

DEDICACE

A mon très cher père

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourage. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

A ma très chère mère

Quoi que je fasse ou je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A ma grande mère

Tes prières m'ont toujours accompagné ainsi que ton encouragement que dieu te prête longue vie

*A mon frère **Islam** et ma chère sœur, son mari **Khaled** et notre petit fils **Amir***

*A mon binôme **bahoussi loqmane** qui a été sérieux et professionnel dans la rédaction de cette mémoire*

BACHIR OKBA.

Table des matières

Liste d'abréviations.....	iv
Liste des figures	v
Liste des tableaux	vii
Introduction générale.....	1
CHAPITRE 1 Présentation de champ REB.....	3
1.1 INTRODUCTION	4
1.2 Situation géographique :.....	4
1.3 Coordonnées géographiques	5
1.4 Historique du champ:.....	5
1.5 unités de production.....	7
1.4.1 Phase A ou Zone CPF (Centre Production Facilité) :	7
1.4.2 Le centre de production gaz (TCF) :	18
1.5 Organisation générale de la sécurité	21
1.5.1 Présentation de la structure sécurité	22
1.5.2 Service de prévention :	22
1.5.3 Service d'intervention :	23
1.5.4 Cellule environnementale :	23
1.6 Systèmes automatiques de protection au CPF.....	24
1.6.1 Turbo-générateurs électriques	24
1.6.2 Sous stations électriques des Turbo-générateurs.....	24
1.6.3 Turbocompresseurs GBT 4501 et 4502	24
1.6.4 Colonnes / séparateurs.....	25
1.7 CONCLUSION	24
CHAPITRE 2 Généralité sur protection anti incendie.....	27
2.1 INTRODUCTION	28
2.2 Section 01 : généralité sur l'incendie.....	28
2.2.1 Définition de l'incendie	28
2.2.2 Définition de la combustion :	28
2.2.3 Les éléments de combustion	29
2.2.4 Types de combustion.....	29
2.2.5 Classement des feux	30

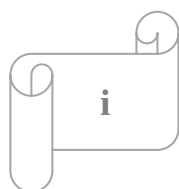
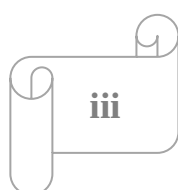


Table des matières

2.2.6	Les causes d'incendie	31
2.2.7	Transferts de chaleur et modes de propagation	32
2.2.8	Les agents de l'extinction.....	33
2.2.9	Méthodes d'extinction	34
2.3	Section 02 : phénomène dangereuse	35
2.3.1	Le risque explosion :	35
2.3.2	Les phénomènes dangereux	36
2.4	Section 03 : Description générale des réseaux de lutte incendie	40
2.4.1	Le réseau maillé	41
2.4.2	Pompage et réserve d'eau.....	41
2.4.3	La réserve d'eau incendie et pomperie	42
2.5	Généralités sur la mousse.....	44
2.5.1	Réserve d'émulseur	45
2.5.2	Système de pré mélange	46
2.5.3	Générateurs et distributeurs de mousse	47
2.6	Installations de lutte incendie dans les centres de stockage de liquides inflammables	48
2.6.1	Le système déluge (Pulvérisateurs).....	48
2.6.2	Les lances monitors	49
2.6.3	Les déversoirs à mousse	50
2.6.4	Les boîtes à mousse	51
2.6.5	Les hydrants	51
2.7	Conclusion	52
CHAPITRE 3	Identification des zones de dangers et plan d'intervention	53
3.1	Introduction.....	54
3.2	Zones à risque du site Rhourde El baguel.....	54
3.3	Analyse des dangers de l'ensemble du site Rhourde El baguel	56
3.4	Localisation et classement des risques	61
3.5	Plan d'intervention	64
3.5.1	Interventions incendie	64
3.5.2	Intervention de sauvetage.....	65
3.5.3	Intervention médicale	65
3.5.4	Intervention opérationnelle (XP).....	65
3.6	Conclusion	66

Table des matières

CHAPITRE 4	Etude technique de réseau anti incendie	68
4.1	Introduction.....	69
4.2	Première section :Spécifications du réseau anti incendie de REB :	70
4.2.1	Ressources en eau et en mousse.....	70
4.2.2	Moyen de pompage	72
4.2.3	Paramètre physique et organisationnels du réseau anti incendie :	73
4.2.4	Distribution de l'eau et la mousse :.....	73
4.3	Deuxième section : normes et références ;	74
4.3.1	Référence internationale éprouvée :.....	75
4.3.2	Complétude et spécialisation des normes NFPA	75
4.4	Troisième section application numérique :	84
4.4.1	Calcule de quantité d'eau et d'émulseur nécessaire pour la zone de stockage brut de REB :.....	84
4.4.2	Scenario 1.....	85
4.4.3	Scenario 2.....	87
4.4.4	Scenario 3.....	89
4.5	Recommandation technique.....	88
4.6	Conclusion	88
	Conclusion générale.....	92
	Références bibliographiques	94

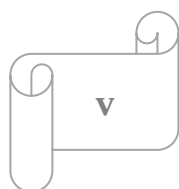


Liste d'abréviations

REB :	R hourde E l B aguel
HP :	H aute P ression
MP :	M oyenne P ression
LP :	B asse P ression
HT :	H aute T ension
DEP :	D ivision d' E ngineering de P roduction
CPF :	C entre d e P roduction F acilité
TCF :	T urbo C ompresseur F acilité
EDR :	E lectro D ialyse R everse
DCS:	D istributed C ontrol S ystem
TEG:	T ri éthylène glycol
PGT:	P ower G enerated T urbine

Liste des figures

Figure 1.1	Situation géographique de REB.....	5
Figure 1.2	Organisation départementale de REB.....	7
Figure 1.3	Principe de la séparation	8
Figure 1.4	les séparateurs	9
Figure 1.5	étape de séparation.....	11
Figure 1.6	unité de déshuilage.....	12
Figure 1.7	L'unité d'optimisation	12
Figure 1.8	réservoir a toit flottant.....	14
Figure 1.9	bac de stockage R1 et R2	14
Figure 1.10	Expédition de brut.....	15
Figure 1.11	section régénération	16
Figure 1.12	Plan de masse du CPF.....	18
Figure 1.13	Schéma simplifié de l'unité d'injection de gaz de TCF	21
Figure 1.14	Organisation départementale HSE	22
Figure 2.1	Triangle de feu.	28
Figure 2.2	Méthodes de transfert de chaleur	33
Figure 2.3	Les limites d'explosivité	35
Figure 2.4	U.V.C.E [8]	37
Figure 2.5	B.L.E.V.E [8]	37
Figure 2.6	BOIL-OVER [8]	38
Figure 2.7	Feu de nappe [8].....	38
Figure 2.8	Dispersion atmosphérique [8]	39
Figure 2.9	Schéma simplifié d'une installation de lutte contre l'incendie	40
Figure 2.10	Réseau maillé	41
Figure 2.11	Pompes jockey	43
Figure 2.12	Pompes électriques.....	43
Figure 2.13	Pompe diesel	44
Figure 2.14	Etapas pour la production de la mousse [10]	45
Figure 2.15	Différents types de foisonnement de la mousse [10]	48
Figure 2.16	Lance monitor connectée sur le réseau maillé enterré [12]	50
Figure 2.17	Les déversoirs à mousse.....	51



Liste des figures

Figure 2.18 Les hydrants	52
Figure 4.1 Bac d'eau incendie T3201	70
Figure 4.2 Bac d'eau FB-4501	71
Figure 4.3 Pompes jockey P3202A/B	72
Figure 4.4 Pompes électriques P3201A/B.....	72
Figure 4.5 Pompe diesel P3201C	73
Figure 4.6 plane de réseau anti incendie de champ REB[15]	74
Figure 4.7 zone de stockage	85

Liste des tableaux

Tableau 2.1 les phénomènes dangereux [8]	36
Tableau 3.1 Les zones de risque du site Rhourde El baguel	61
Tableau 3.2 Localisation et classement des risques.	64
Tableau 4.1 Tableau paramètre de réseau anti incendie [15]	73
Tableau 4.2 Incendie de la cuvette de rétention du bac R1	87
Tableau 4.3 Comparaison des scenarios :	90

Introduction générale

Les incendies et les explosions sont des accidents majeurs pouvant être à l'origine de dommages inacceptables tant sur le plan matériel et humain, en causant des blessures graves voire des pertes humaines. Par conséquent, les entreprises consacrent un budget considérable, afin de prévenir et de lutter contre la survenue de ce phénomène et ses répercussions gravissimes.

On définit les réseaux de lutte d'incendie comme étant le transport des agents extincteurs d'incendie tel que l'eau et la mousse des zones de stockage d'eau jusqu'aux zones de risque d'incendie. Ce réseau est caractérisé par la diversité de ses composantes : équipement de refroidissement, extinction de feux (consommateurs d'eau), réservoirs volumineux, pompes, vannes d'isolement...etc. Il est aussi caractérisé par la disponibilité instantanée, à la demande, de grands débits et grandes pressions.

Les indicateurs de performance de ces réseaux sont les débits et pressions, les gestionnaires des réseaux d'eau incendie sont censés assurer la disponibilité de ces deux paramètres. Ce n'est pas un objectif facile en raison de la complexité de ces réseaux.

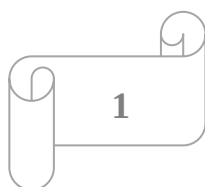
Cette étude se base à la fois sur une approche documentaire des normes techniques et sur une évaluation de terrain, incluant des calculs hydrauliques, une vérification des capacités de stockage d'eau et d'émulseur, ainsi qu'un contrôle des équipements tels que les pompes, les canons à mousse, et les systèmes de détection. À travers une étude de cas ciblée, nous chercherons à identifier les éventuelles non-conformités et proposer des recommandations pour améliorer la sécurité globale du site.

Dans ce qui suit, on présente un aperçu sur l'organisation de ce mémoire et sur la contribution de chaque chapitre aux objectifs recherchés. Ce mémoire est organisé en Quatre chapitres :

Le premier chapitre, nous fournirons une introduction et une description de notre site de formation, le champs SH-DP-REB à Hassi Messaoud Ouargla.

Dans le deuxième chapitre, est dans nous avons commencé à étudier les générales du le feu sa combustion, ses paramètres, ses sources et ses modes de propagation. Ensuite nous avons discuté

Les phénomènes dangereux.



Introduction générale

Enfin nous avons passés en revue les notions hydrauliques dans le réseau de lutte contre l'incendie, nous allons présenter les moyens de lutte contre l'incendie conçus pour refroidir les équipements pour maîtriser le feu et limiter la propagation

Dans le troisième chapitre, nous procéderons à l'identification des zones de dangers et à l'élaboration du plan d'intervention adapté.

Dans le Quatrième chapitre, de ce rapport présente la partie évaluation de la conformité du réseau incendie aux norme NFPA. Accompagnée d'une application numérique pur déterminer en besoin en eau et en émulseur des deux scenarios.

CHAPITRE 1

Présentation de champ REB

1.1 INTRODUCTION

Le champ pétrolier de Rhourde El Baguel (REB) constitue l'un des gisements stratégiques du sud-est algérien, à proximité de Hassi Messaoud, au cœur du Sahara. Découvert à la fin des années 1950, ce champ a connu plusieurs phases de développement, avec des évolutions techniques notables, notamment le recours à des procédés de récupération assistée du pétrole brut. Ce chapitre vise à présenter la situation géographique, les caractéristiques géologiques et techniques du champ, ainsi que les infrastructures majeures mises en œuvre pour l'exploitation du brut et du gaz. Une attention particulière est accordée à l'organisation de la production, aux unités de traitement, au système de sécurité, à la gestion environnementale et aux mesures HSE appliquées sur le site. Cette présentation est essentielle pour comprendre les enjeux liés à la sécurité industrielle dans un environnement aussi sensible et complexe que celui d'un champ pétrolier.

1.2 Situation géographique :

Le champ de Rhourde El Baguel est situé dans la partie Nord-Est du Sahara Algérien, environ 90 Km au Sud-Est de Hassi Messaoud, sur la route d'El Borma, et à environ 1000 km d'Alger. Le mot Rhourde El Baguel signifie « Grande dune ». La dune se situe à l'entrée du champ et se présente sous la forme d'un anticlinal asymétrique orient Nord-est/Sud-Ouest, limité par deux failles majeures. La formation productrice est constituée de grès du cambrien, de porosité moyenne et de faible perméabilité : son épaisseur moyenne de 750 m. Le gisement est situé entre 2400 et 3200 m de profondeur et possède une envergure d'environ 10 000 acres.[1]

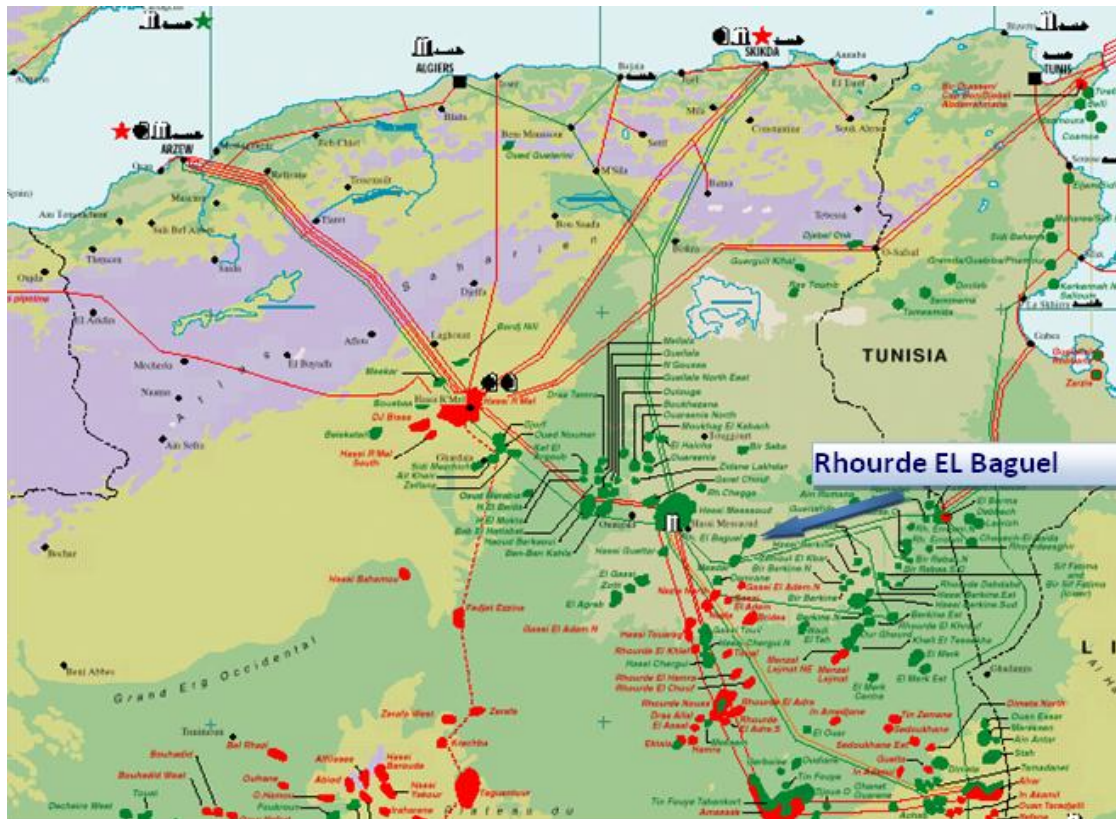


Figure 1.1 Situation géographique de REB

1.3 Coordonnées géographiques

$X = 6^{\circ} 54' 00''$ à $7^{\circ} 01' 00''$ (longitude Est).

$Y = 31^{\circ} 20' 00''$ à $31^{\circ} 28' 00''$ (latitude Nord).

Altitude moyenne : 150 m.

Superficie : 164.05 Km²

1.4 Historique du champ:

Le champ de REB a été découvert en 1959 par la société américaine SINCLAIR OIL ; le premier puits d'eau a été foré en janvier 1961 et le premier puits de production en novembre 1961.

L'exploitation du gisement et la production de brut a débutée en février 1962 et a atteint un maximum 94.000 BLS/j' en octobre 1968. Mais ce taux de production initial était retombé à 25.000 BLS/j en 1996 suite à la baisse de pression naturelle du réservoir qui avait chuté de 5000 PSI à 1700 PSI.

En **1991** SONATRACH a lancé un appel d'offre auprès des compagnies pétrolières internationales ciblant l'apport d'une technologie de pointe dans les techniques de récupération assistées pour 11 gisements de pétrole producteurs.

Des propositions ont été soumises par ARCO en **1992** pour REB ; Et c'est en février **1996** que ARCO signe le contrat, et forme une Société d'opération conjointe dénommée SONARCO. La société SONARCO était une association issue d'un partenariat entre les sociétés ARCO (49% de la production) et SONATRACH (51% de la production).

Depuis sa découverte en 1962 par le premier forage RB 1 qui a rencontré de l'huile à 2665m, 35 puits ont été foré par SH ; et à partir de RB 35, 50 puits ont été foré par SONARCO jusqu'à RB 85 terminé en Mars **2002**.

Lorsque l'acquisition d'ARCO par BP (British Petroleum) a été finalisée au début de l'année 2000,

le projet est passé sous la responsabilité de BP, qui est désormais devenu le partenaire SONATRACH dans ce projet.

A partir de 2012 et jusqu'à présent, le champ de Rhourde El Baguel est exploité par la société SONATRACH. Et la capacité de production du site est actuellement au environ de 20 milles barils de pétrole par jour.. [1]

- ❖ **1962-1976** : Production par déplétion naturelle ;
- ❖ **Février 1968** : Atteinte de la production maximale ;
- ❖ **Mars 1976 – Juillet 1991** : Maintien de pression par injection d'eau ;
- ❖ **1985** : Mise en service de l'unité d'optimisation ;
- ❖ **1992** : Mise en service de l'unité de gaz lift ;
- ❖ **12 juillet 1994** : Signature Accord cadre SONATRACH-ARCO ;
- ❖ **15 février 1996** : Signature du Contrat de partage de production SONATRACH-ARCO ;
- ❖ **01 juillet 1996** : Entrée en vigueur du contrat ;
- ❖ **Depuis 1999** : Maintien de pression du réservoir par injection de gaz ;
- ❖ **2000** : Acquisition des actions d'ARCO par BP.
- ❖ **2012** : le projet sera exploité par SONATRACH

1 Organisation générale de la société :

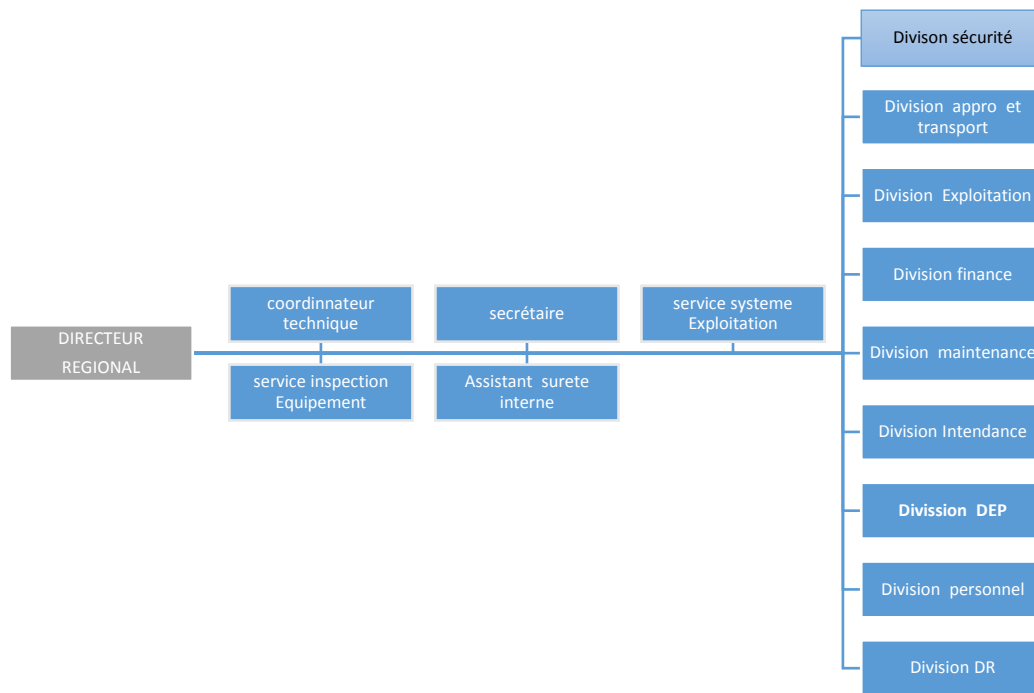


Figure 1.2 Organisation départementale de REB

1.5 unites de production

- Le projet de récupération assistée du pétrole brut du gisement de RHOURE EL BAGUEL a pour but d'augmenter la récupération du brut en maximum en injectant du gaz dans les puits injecteurs dont l'unité de production comprend deux phases
- Centre de production huile (Phase A) ou CPF (Centre de Production Facilité) qui contient une unité de traitement, l'optimisation et les utilités ;
- Centre de production gaz (Phase B) ou TCF (Turbo Compresseur Facilité) qui assure la compression du gaz miscible à une haute pression ;. [1]

1.5.1 Phase A ou Zone CPF (Centre Production Facilité) :

L'unité CPF possède une salle de contrôle à l'intérieur de l'unité et la majorité des bâtiments à savoir la « fire station », le laboratoire, les ateliers, les entrepôts, les bureaux d'ingénierie et de l'administration sont localisés au Sud Est de l'unité CPF.

Le centre de production huile comprend les installations suivantes :

1.5.1.1 Unité de séparation :

1.5.1.1.1 Objectif de la séparation :

Le centre de traitement reçoit en définitif des bouchons alternés de gaz humide ; d'eau libre et d'huile encore chargée en gaz dissous.

L'opération de séparation est destinée donc à séparer l'huile du gaz et de l'eau afin de permettre la livraison aux clients de produits conformes aux normes et spécifications définies.

- Densité
- Viscosité
- B.S.W (Basic and Sediment Water)
- Salinité.
- Tension de vapeur.. [1]

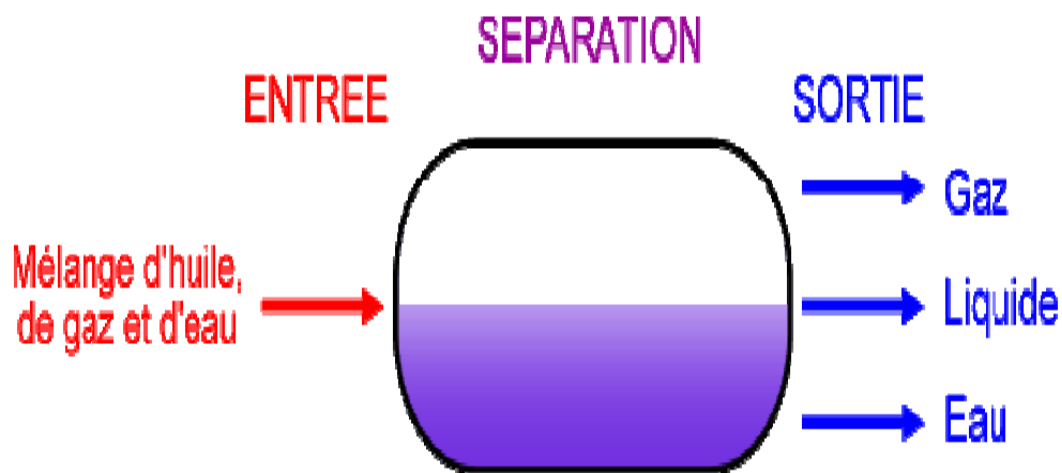


Figure 1.3 Principe de la séparation

1.5.1.1.2 Etape de séparation :

L'huile est approvisionnée vers le centre de production CPF depuis le Manifold Plant à partir de 3 collecteurs :

- Collecteur HP (35 bar) ;
- Collecteur MP (15 bar) ;
- Collecteur BP (1,5 bar).

Les effluents HP, MP et BP sont dirigés vers les séparateurs de l'unité CPF



Figure 1.4 les séparateurs

1.5.1.1.3 Séparateurs HP

Les séparateurs V1509, V1523 et V1527 sont des séparateurs Haute Pression (HP) qui reçoivent de l'huile HP et séparent respectivement :

- En tête : le gaz HP dirigé vers les compresseurs HP de l'unité TCF ;
- En pied : l'huile est directement dirigée vers les séparateurs MP1 situés en aval ;
- L'eau est drainée vers les réservoirs V3002 ou V3003 pour le déshuilage.. [1]

1.5.1.1.4 Séparateurs MP1

Les séparateurs V1511, V1521, V1522 sont des séparateurs Moyenne Pression qui reçoivent de l'huile provenant des séparateurs HP situés en amont et de l'huile MP provenant des manifolds ; ils séparent respectivement :. [1]

- En tête : le gaz MP dirigé vers les compresseurs MP de l'unité TCF et GBT
- En pied : l'huile est directement dirigée vers les séparateurs MP2 situés en aval ;
- L'eau est drainée vers les réservoirs V3002 ou V3003 pour le déshuilage.

1.5.1.1.5 Séparateurs MP2

Les séparateurs V1529, V1530, V1531 sont des séparateurs Moyenne Pression qui reçoivent de l'huile provenant des séparateurs MP1 situés en amont et séparent respectivement :

- En tête : le gaz qui est dirigé vers l'aspiration du compresseur GBT4501 via FA4507 (avec l'écoulement venant du séparateur BP V1532).
- En pied : l'huile est pompée vers stabilisation HP et envoyée vers le séparateur BP V1532 sans pompe.
- L'eau est drainée vers les réservoirs V3002 ou V3003 pour le déshuilage.

La mise en service des séparateurs MP1 entraîne obligatoirement la mise en service des séparateurs MP2 (V1529, V1530 et V1531) qui leur sont en aval.

Les séparateurs V1521 et V1522 peuvent alimenter les séparateurs MP2 V1529 et V1530.

Ainsi, les séparateurs V1521 et V1522 ont la possibilité de diriger le brut :

- Soit vers l'un des séparateurs V1529 ou V1530 ;
- Soit simultanément vers les 2 séparateurs V1529 et V1530.

La pression de service des 3 séparateurs V1529/V1530/V1531 est de 12 bar

1.5.1.1.6 Séparateur LP

Le séparateur Basse Pression reçoit l'huile provenant des séparateurs MP2 situés en amont et l'huile provenant de l'ensemble des puits BP. Il sépare respectivement :

- En tête : le gaz qui est dirigé vers l'aspiration du compresseur GBT4501 via FA4507 (avec l'écoulement venant des séparateurs MP2) ;
- En pied : l'huile est pompée et envoyée vers la colonne de stabilisation DA4501 via le ballon FA4504 ;
- L'eau est drainée vers les réservoirs V3002 ou V3003 pour le déshuilage.
- La pression du séparateur BP est de 42 PSI

1.5.1.1.7 Séparateur surélevé (V1524)

V1524 travaille à la pression atmosphérique, toute la quantité de brut stabilisé transite par lui, pour dégazage avant d'être stocké dans des bacs à toit flottant R1/R2/R3.

Note : Tous les séparateurs HP, MP, et MP2 ont le même principe de démarrage.

Les panneaux de contrôle, d'alarme et de commande, situés à l'extérieur à proximité du séparateur lui-même, sont identiques en tout point de vue à l'exception du V1529 et du V1530 qui a connu un léger changement suite à la connexion d'une nouvelle ligne véhiculant le condensât venant du TCF. Et équipée de SDV dont le boîtier d'ouverture se trouve à

proximité du premier et dont les alarmes lumineuses ont été placées sur le panneau de contrôle local du V1529 et V1530.

Remarque : les eaux sortant des séparateurs HP, MP, LP sont envoyés vers unité API/CPI

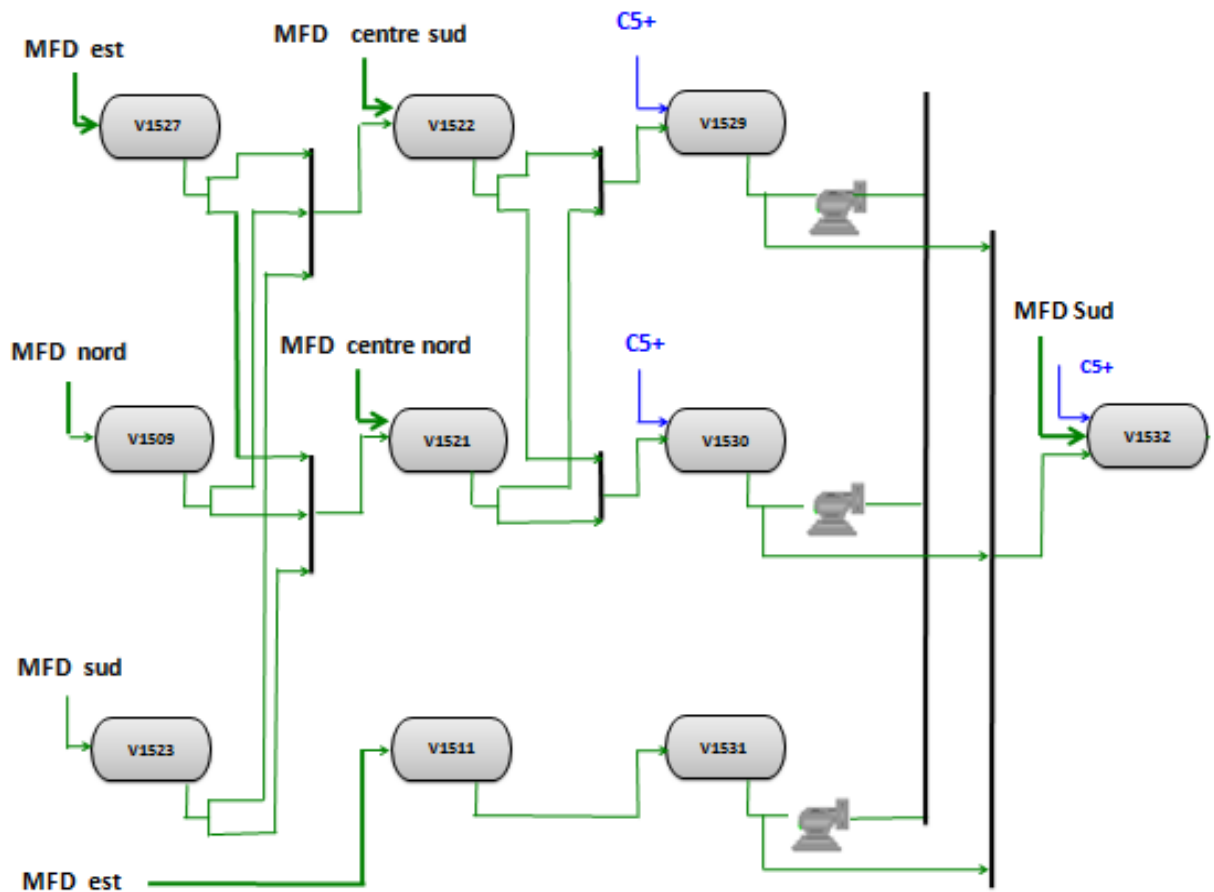


Figure 1.5 étape de séparation

1.5.1.1.8 Unité API/CPI :

Ce sont des bassins en béton armé muni des plaques ondulées pour récupérer le brut contenu dans l'eau.

La récupération du brut résiduel par décantation de l'eau albienne et cambrienne provenant des séparateurs HP, MP et LP en passant par les ballons de dégazage albien et cambrien V3003 et V3004, les vapeurs inflammables de ces dégazeurs sont directement évacués vers la torche.

L'eau huileuse des ballons de dégazage rejoint le réservoir dans lequel le pétrole et l'eau se séparent. Le brut récupéré est envoyé au stabilisateur de brut ou vers les bacs de stockage, tandis que l'eau salée est envoyée vers bourbier.. [1]

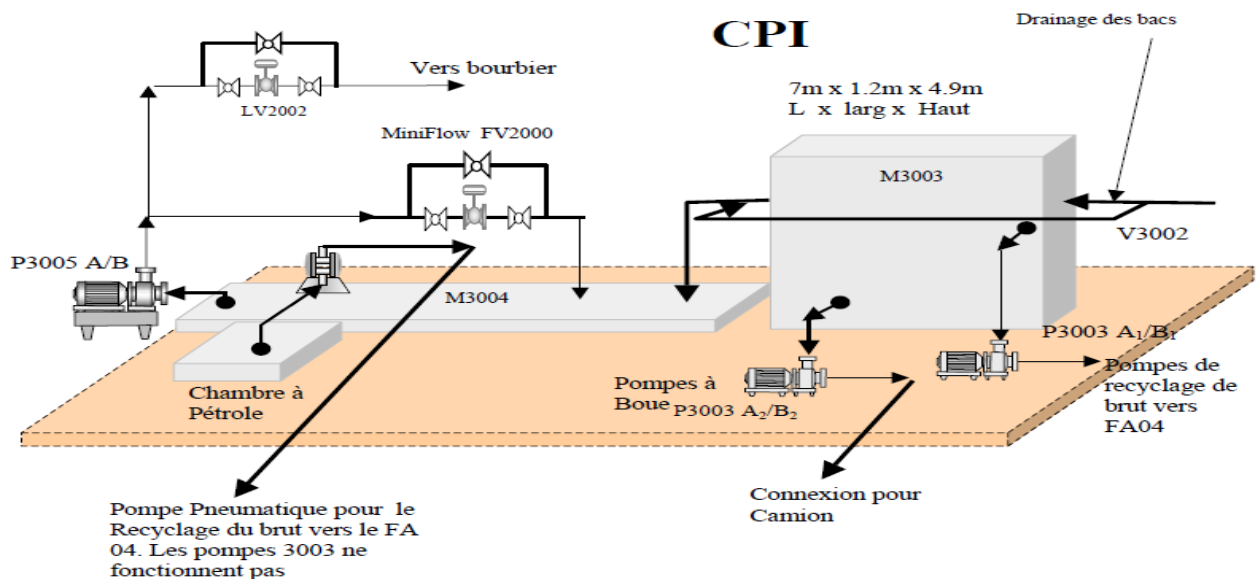


Figure 1.6 unité de déshuilage

1.5.1.2 Unité d'optimisation :

L'unité d'optimisation a pour but d'ajuster la tension de vapeur TVR du brut, récupérer le condensât contenus dans le gaz associé, stabiliser et produire le propane pour l'utiliser comme carburant pour l'alimentation des turbines à gaz et les fours,

La stabilisation fait par une colonne



Figure 1.7 L'unité d'optimisation

1.5.1.2.1 Principe de fonctionnement de la colonne

La colonne est un cylindre fermé à l'intérieur duquel on a déposé plusieurs plateaux. Sur ces plateaux arrivent les vapeurs d'hydrocarbures ascendantes qui rencontrent à contre-courant un liquide descendant.

Entre le liquide et la vapeur s'établit un contact intime qui permet le transfert de matière et de chaleur. La vapeur va perdre un peu de ces produits lourds et le liquide un peu de ces produits légers dans le gaz qui monte. Ce qui conduit à une séparation des constituants selon leurs volatilités relatives et ainsi les produits légers se trouvent en tête de la colonne et les produits lourds en fond de la colonne. La création du vapeur se fait par le rebouillage.

Selon les procédés de rebouillage on soutire le produit de fond de la colonne, on le réchauffe par l'échange indirect de chaleur avec huile chaude de niveau thermique élevé, puis on sépare les phases vapeur et liquide et on réinjecte dans la colonne.

1.5.1.2.2 Stabilisation basse pression(DA4501)

Dans CPF la colonne DA4501 est l'équipement essentiel utilisé pour la stabilisation de brute.

Le brut sortant du ballon *FA4504* est refoulé par la pompe *GA4504* à 7 bars vers la colonne de stabilisation *DA4501*, cette dernière contient 18 plateaux et fonctionne sous une basse pression (2-3) bars pour assurer la séparation gaz-brut afin de modéliser (diminuer) la tension de vapeur TVR du brut. $TVR = 0,69$.

Le brut est introduit en tête de colonne, on récupère :

- En tête : le gaz BP dirigé vers GBT 01(avec le gaz issu du séparateur BP V1532);
- En pied : le brut stabilisé dirigé vers le séparateur surélevé V1524.
- Le pied de colonne est réchauffé en circuit fermé par un rebouilleur. Le fluide caloporteur est une huile spécifique.

La circulation du rebouillage se fait par les pompes **GA 4501** en échangeant la chaleur dans les échangeurs de chaleurs **EA4501** avec l'huile chaude provenant du four **F5001**

La pression de service de la colonne DA4501 est de 2 bar .[1]

1.5.1.3 Zone de stockage

En sortie du séparateur surélevé, le brut stabilisé est dirigé par gravité vers les 3 bacs de stockage R1/R2/R3 d'une capacité de 20 000 m³ chacun.

Les bacs de stockage sont équipés de toits flottants externes en acier et une purge de fond de bac est effectuée régulièrement. .[1]

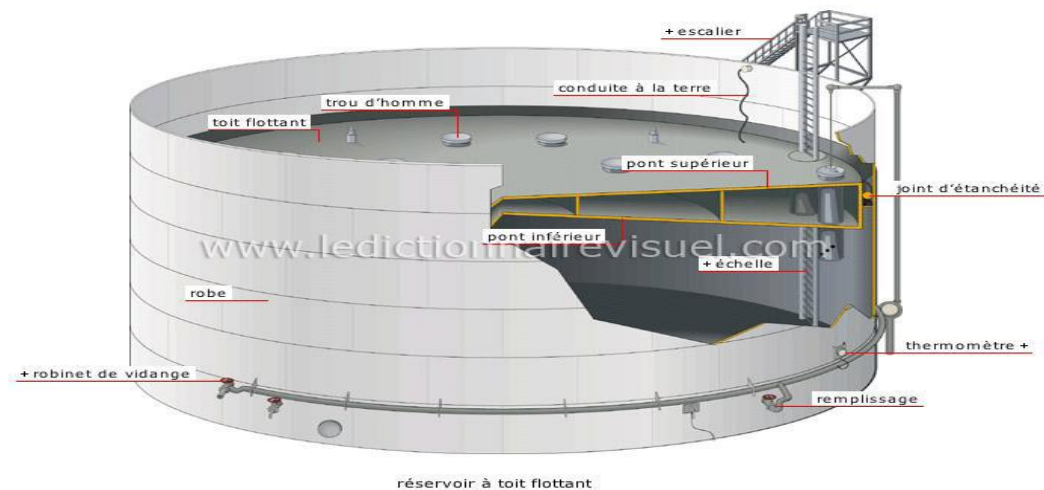


Figure 1.8 réservoir a toit flottant



Figure 1.9 bac de stockage R1 et R2

1.5.1.3.1 Expédition de brut :

Le brut est expédié par pipeline vers Mesdar (30 km) ou Haud El Hamra (HEH, 110 km)

via 4 pompes d'expédition de la nouvelle pompière électrique :

- 2 pompes principales (P1503A/B)
- 2 pompes Booster (P1508A/B)

Le contrôle du débit est assuré par la vanne automatique FCV2280A au niveau du DCS(Distributed Control System),

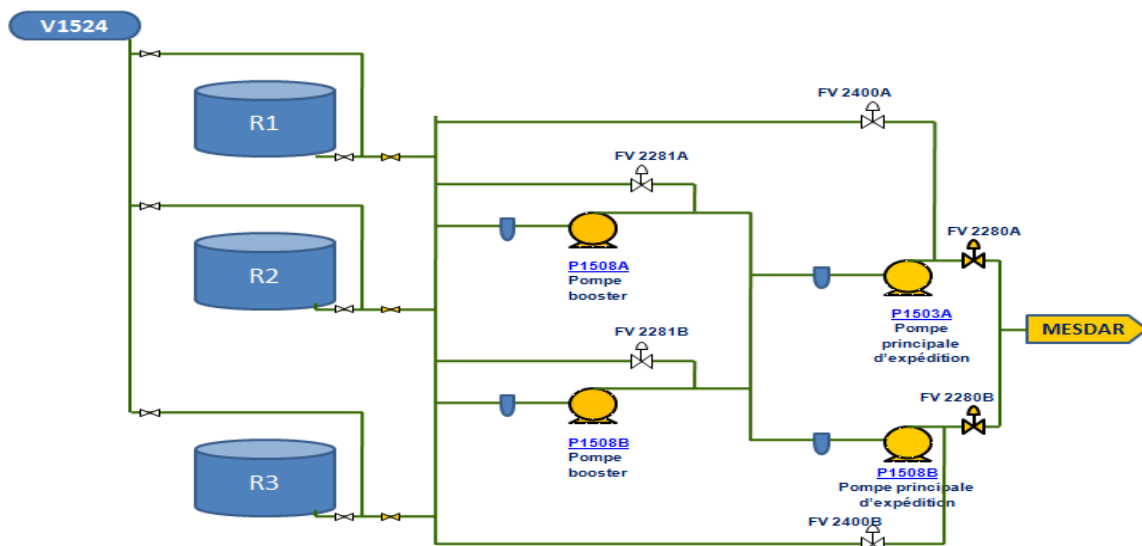


Figure 1.10 Expédition de brut

1.5.1.4 Unité déshydratation au TEG (tri éthylène glycol)

Pourquoi Déshydrater le gaz ?

Le gaz réinjecté dans les puits contient de l'eau à l'état vapeur. Cette eau peut se condenser dans les lignes d'injections vers puits et dans les différentes conduites, le gaz contient aussi du CO_2 , à haute pression le CO_2 en présence d'eau liquide forment de l'acide carbonique qu'attaque le matériau des conduites : c'est la corrosion.

Le gaz provenant du ballon FA4503 est dirigé vers le séparateur MV-1401-1 pour éliminer les condensats puis alimente le contacteur MV-1401-A où se fait l'absorption à contre-courant entre l'effluent ascendant et le TEG descendant. L'absorption se fait à une température avoisinante de 40°C . Le TEG humide sortant du fond du contacteur est dirigé vers la régénération tandis que le gaz de tête du contacteur alimente le ballon séparateur à cyclone V1404 où il s'effectue la récupération des traces du TEG entraînée dans le gaz.

1.5.1.5 La section régénération :

La section de régénération TEG est constituée d'un rebouilleur MH-1401, ballon tampon MV-1401-F et une colonne de distillation MV-1401-E où se fait le stripping du TEG pour éliminer les traces d'humidité par le fuel gaz chaude ; La température de rebouillage est maintenue à 196°C et les vapeurs d'eau de la tête de la colonne sont condensées dans l'aéroréfrigérant E2509 à une température 39°C puis recueillies dans le ballon V2509 pour être pompés vers API/CPI.

Le TEG récupéré au fond du ballon tampon *MV-1401-F* est refroidi dans les échangeurs *MX-1401-A1/A2* ensuite récupéré dans le ballon *MV-1401-C* pour être pomper par des pompes *MP-1401-A/B* vers le contacteur TEG.

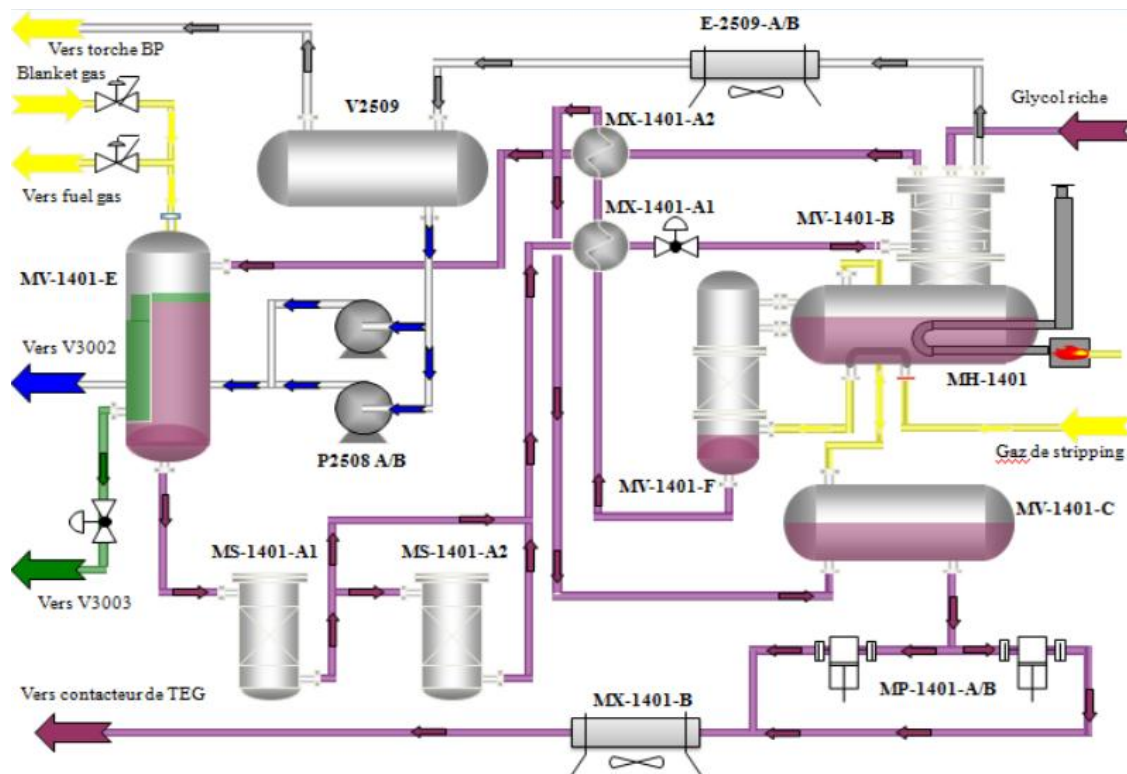


Figure 1.11 section régénération

1.5.1.6 Les utilities :

1.5.1.6.1 Section air instrument et azote :

Le système d'air Instrument consiste en :

- trois compresseurs d'air **Airdyne**,
- déshydrateurs ou sécheurs d'air à tamis moléculaire ;
- des filtres en entrée et sortie des sécheurs.
- aéroréfrigérants,
- Deux compresseurs d'air entraînés par moteur Diesel : **Atlas Copco** pour usage d'urgence.

Le système air instrument est conçu pour produire continuellement de l'air sec après séchage à travers des sécheurs à tamis moléculaire.

Le traitement se fait par l'aspiration de l'air l'atmosphérique, en éliminant les impuretés qui s'y trouvent afin de fournir l'air de service et l'air instrument, trois compresseurs

AIRDYNE ont été prévus à cet effet, l'air aspiré passe à travers des filtres aux tamis moléculaires qui assurent l'élimination des impuretés, par la suite son passage à travers des sècheurs d'air où il est dépourvu de l'humidité pour être utilisé comme air instrument pour l'unité CPF et TCF

D'autre part, une partie d'air traité est acheminée vers l'unité azote, pour être dépourvue de l'oxygène ; L'azote produit est utilisé pour l'inertage. La pression d'air dans le réseau est maintenue à 7.6 bars.

1.5.1.7 Unité de traitement des eaux EDR (Electro Dialyse Réversible)

Le système sert à éliminer efficacement les matières minérales dissoutes dans l'eau d'alimentation, en utilisant un champ électrique pour produire une migration d'ions des matières dissoutes à travers une pile de membranes de transfert de cations (Na^{++} , Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+}) et d'anions (Cl^{-} , HCO^{-} , SO_4^{2-} , NO^{-}).

L'eau d'alimentation s'écoule vers le système EDR d'où il reçoit des courants parallèles d'eau d'alimentation et d'effluent recyclé, et produit des courants parallèles d'eau déminéralisée et d'effluents salins. L'eau déminéralisée s'écoule vers le réservoir de stockage dans lequel elle est stockée pour être distribuée.

1.5.1.8 Unité de génération électrique :

Le centre CPF comprend également une unité de génération de puissance pour les besoins des différents utilisateurs.

La génération d'électricité se fait au moyen des turbo-générateurs *PGT10A/B/C* qui opèrent :

- Fuel gaz combustible provenant du ZINA ;
- Le gaz du MP compresseur (CPF) ;
- Le gaz du MP Booster : C'est le gaz des séparateurs du CPF qui alimente le compresseur MP, supposé être séché dans les unités de TEG ;

Les *PGT10* assurent l'alimentation électrique des différents équipements : moteurs Aéroréfrigérant, compresseurs d'air, pompes, éclairage, EDR et la base de vie. La puissance d'un *PGT10* est de 11MW.

Le gaz combustible qui alimente les turbo-compresseurs est du gaz en provenance de Zina, il s'agit d'un gaz sec, sous pression de 60 bar.

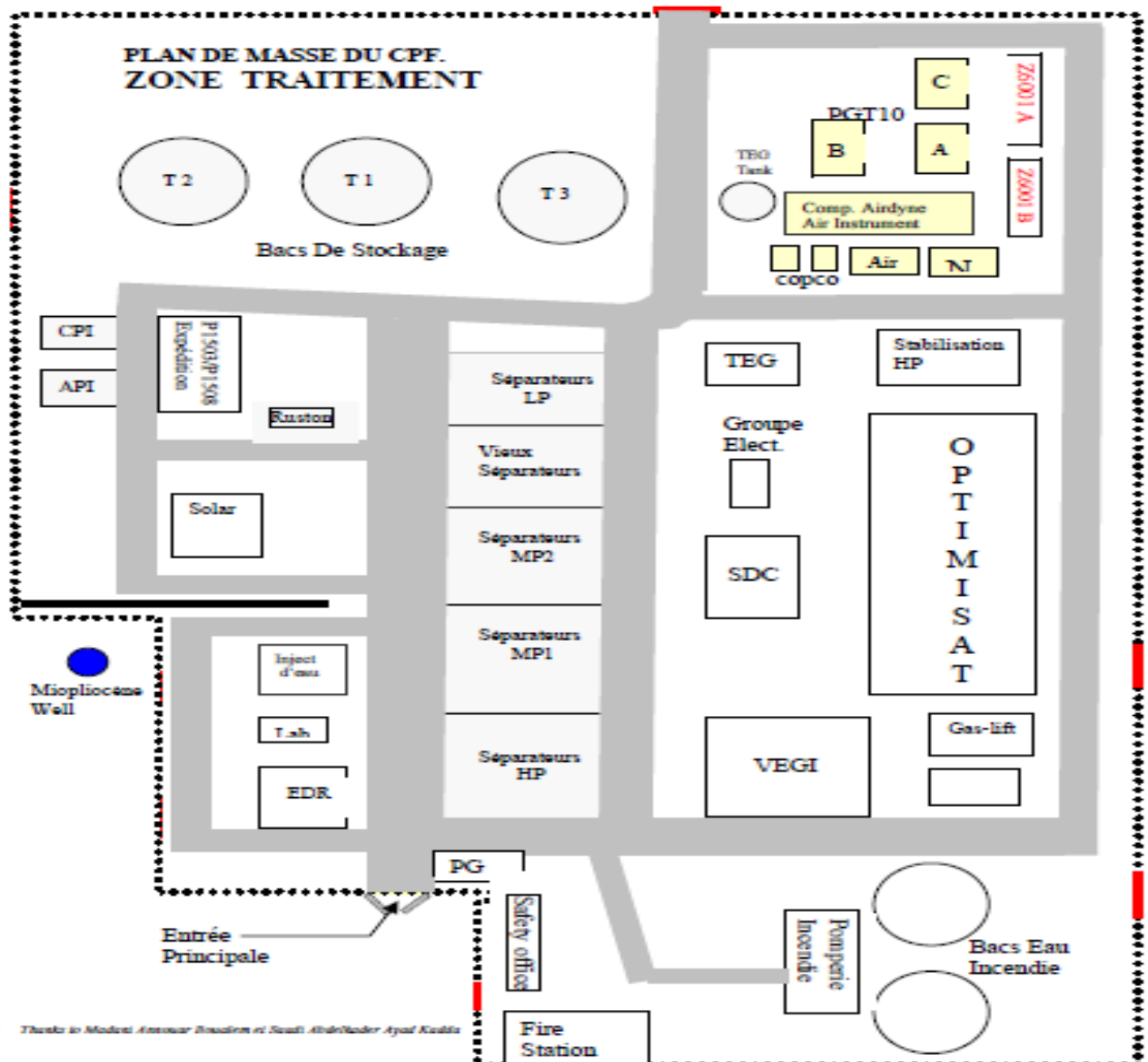


Figure 1.12 Plan de masse du CPF

1.5.2 Le centre de production gaz (TCF) :

Le rôle de cette unité est de réinjecter du gaz miscible dans les puits injecteurs. Elle comprend les installations suivantes :

1.5.2.1 Compresseur MP Booster :

Le but de ce compresseur est d'augmenter la pression du gaz provenant des séparateurs MP_1 du CPF de 17 bars ($p_{ref} = 33$ bars) qui représente la pression d'aspiration du premier étage des trains de compression.

Le gaz refoulé par le MP Booster passe par l'unité de déshydratation au TEG avant qu'il n'arrive aux trains de compression HP A/ B/ C

Ce Booster aspire le gaz avec un débit de 280 000 Sm³/jour et tourne avec une vitesse de 6720 tours/min

1.5.2.2 Unité de séchage au TEG :

Le gaz contient de l'eau à l'état vapeur, cette eau peut se condenser dans les lignes d'injection des puits et les différentes conduites, le gaz contient aussi du CO₂ ; Ce dernier à haute pression et en présence d'eau liquide forme de l'acide carbonique qui attaque le métal.

Pour éviter ces problèmes, le gaz doit être sec avant qu'il soit acheminé vers les puits producteurs et injecteurs, une station de déshydratation de quatre trains au TEG est prévue pour éliminer l'eau.

L'unité de déshydratation se compose de deux sections.

1.5.2.2.1 Section de déshydratation :

Cette section contient trois équipements principaux :

- Ballon d'entrée MV **1403A7** ;
- Contacteur **MV 1403 A1** ;
- Ballon de sortie **V1403 A** ;

Le ballon d'entrée permet d'éliminer tous les liquides présents dans le gaz humide à déshydrater.

Le contacteur est un ballon vertical composé de plateaux à calottes. Ces plateaux sont conçus pour permettre un contact intime entre le gaz et le glycol.

Le ballon de sortie est conçu pour retenir le TEG sous la forme de mousse ou liquide afin d'extraire du gaz sec quittant le contacteur. Le TEG récupéré est admis vers la section de régénération.

1.5.2.2.2 Section de régénération :

Elle est composée de :

- Ballon de flash qui sert à éliminer les hydrocarbures que le TEG a pu absorber pendant le contacte ;

- Deux filtres (cartouche et charbon) servent à filtrer le glycol des hydrocarbures une deuxième fois ;
- Deux échangeurs de chaleur servent à refroidir le glycol provenant du rebouilleur ;
- Un rebouilleur de glycol qui sert à bouillir le glycol à une température de 180°C afin de vaporiser l'eau ;
- Un réservoir tampon de glycol *MV 1403-A3* ;
- Deux pompes à piston et un ballon de torche *V2508* ;

1.5.2.2.3 Unité de compression – injection :

Elle est constituée de quatre trains de compression identiques (A, B, C, D) chaque train est composé d'un compresseur centrifuge tri- étages *K2002/03/04* entraîné par une turbine à gaz à deux arbres et douze chambres de combustion.

Les trains reçoivent le gaz parfaitement sec provenant de la déshydratation au glycol et de la station ZINA à une pression de 30 bars, s'acheminent vers la phase de compression en redondance à travers les trois étages de compression de chaque train. Après chaque compression, le gaz subit un refroidissement par les aéroréfrigérant.

Le gaz obtenu sera acheminé vers les puits injecteurs à une pression 300 bars environ actuellement, elle a 228 bars.. [1]

1.5.2.2.4 D. Réseau fuel gaz :

Le fuel est le gaz utilisé comme gaz de démarrage des turbines et combustible nécessaire pour alimenter les fours, et les turbines à gaz...etc.

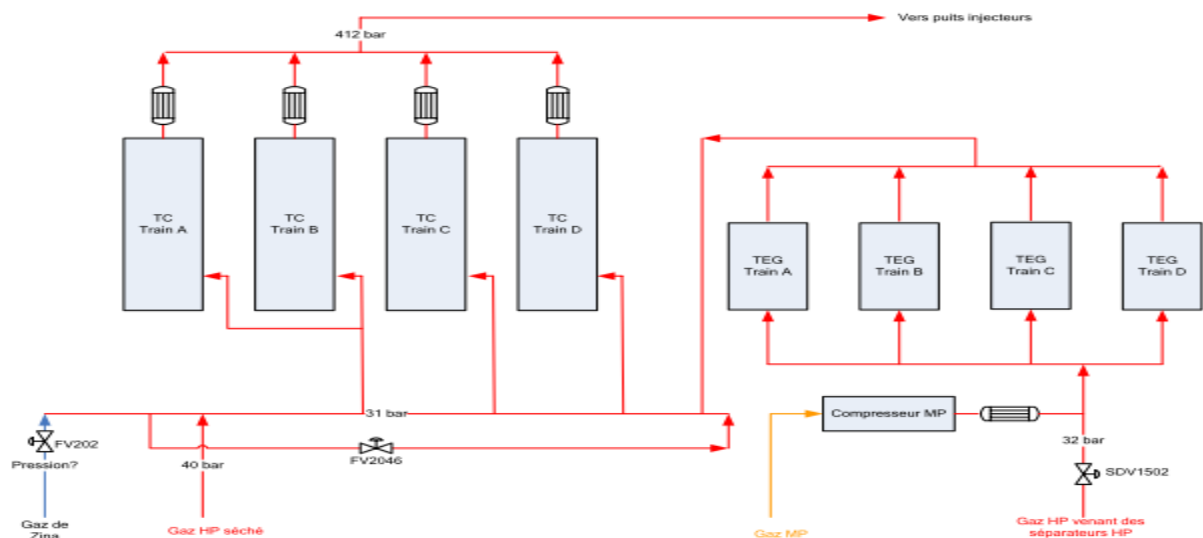


Figure 1.13 Schéma simplifié de l'unité d'injection de gaz de TCF

1.6 Organisation générale de la sécurité

La politique de sécurité mise en place par SONATRACH est répercutée au niveau du site par la Division Sécurité qui veille à sa bonne application. La politique est, en outre, reprise au niveau d'un manuel HSE et d'autres procédures. Ces derniers renferment des mesures de sécurité appliquées au niveau des sites.

La problématique de la sécurité est également 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.

La division de sécurité a pour but de veiller sur la sécurité permanente de tout le champ de REB et sensibilise les travailleurs l'importance d'une protection individuelle. Ces principaux objectifs sont :

- Elaborer et modifier la politique H.S.E :
- Avoir un environnement sans accidents ;
- Protéger l'installation et les équipements ;
- Préserver la vie des personnels activant dans le secteur.
- Formation continue du personnel et des nouveaux recrues.
- Induction casque vert.

Le champ d'activation de cette division comprend :

- Le centre de production
- Tous les puits du champ REB
- La base de vie SONATRACH et le champ des Expatriés.

1.6.1 Présentation de la structure sécurité

Au sein de la division Sécurité SH-DP-REB, la structure est composée de deux services et une cellule Environnementale : [1]

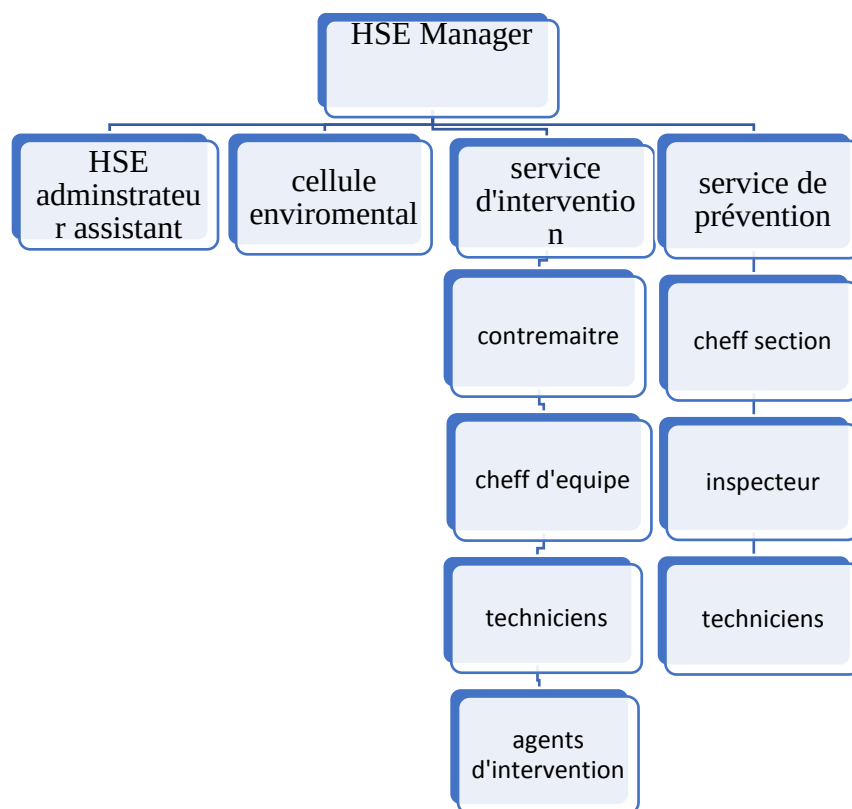


Figure 1.14 Organisation départementale HSE

1.6.2 Service de prévention :

L'objectif universel de toute industrie est de prévenir les accidents et leurs conséquences majeurs. Ce dernier, qui causera des décès, dommages, destructions et bien provoque des souffrances humaines ainsi que des pertes économiques considérables pour les entreprises.

Le service prévention a pour but de prévenir systématiquement tous accidents en contrôlant les installations, la conformité aux normes et instruction de sécurité en veillant sur le respect des consignes de sécurité.

Ce service s'engage aussi de former des agents et des ouvrières en matière de sécurité pour les safety-meeting.

1.6.2.1 Les rôles du service prévention sont :

- Assurer et faire appliquer la prévention nécessaire afin d'éliminer les risques d'accident de toute nature ;
- Contrôler et signaler toute situation ou tout procédé contraire au règlement intérieur et aux dispositions légales sur la sécurité et l'hygiène / santé au travail, l'environnement ;

1.6.3 Service d'intervention :

Ce service est prêt pour une intervention immédiate en cas d'un accident ou d'un incendie.

Pour assurer le bon déroulement des interventions et minimiser les dégâts (pertes matérielles ou humaines) un matériel fixe (des pompes, desvannes pour les jets d'eau, gaz carbonique et mousse anti-feu) est installé l'approximatif des séparateurs, turbine, stabilisateur...etc.

Le service intervention est sous la responsabilité d'un contremaître d'intervention avec l'assistance d'un chef d'équipe intervention, cette dernière qui est répartie en deux groupes de personnel veillant sur le champ.

1.6.3.1 Principales activités

- Ce service a pour mission d'intervenir en cas de déclaration d'un feu(incendie) ou une explosion dans n'importe quel lieu de l'unité ;
- Ce service doit être disposé des plans d'intervention ou d'un tableau synoptique, qui permet de déterminer avec exactitude lieu d'accident et sa nature chose qui leur permet de prévoir le matériel adéquat ;
- Dispose l'ambulance pour l'évacuation des blessés et tous les moyens nécessaires d'intervention anti-incendie.

1.6.4 Cellule environnementale :

La cellule environnementale a comme taches :

- Elaborer la politique de respect de l'environnement de l'entreprise, animer et vérifier son application ;
- Promouvoir les réalisations des Groupes et assurer les liaisons avec les administrations ;

1.7 Systèmes automatiques de protection au CPF

1.7.1 Turbo-générateurs électriques

Chaque générateur est identique ; il est équipé d'un système automatique de détection/extinction muni de :

- Détecteurs à gaz dans les compartiments de la turbine ;
- Détecteurs incendie à UV dans le compartiment combustion ;
- Détecteurs de température dans le compartiment combustion ;
- 12 bouteilles renfermant 65 kg de CO₂ (6 bouteilles principales et 6 bouteilles de réserve) pour l'extinction ;

1.7.2 Sous stations électriques des Turbo-générateurs

Les 2 sous stations électriques sont équipées d'un système manuel de

Détection/extinction identique, comprenant :

- 9 détecteurs de fumées ;
- 14 bouteilles renfermant 75 kg de CO₂ ;
- 1 tableau de visualisation et de contrôle.

1.7.3 Turbocompresseurs GBT 4501 et 4502

Chaque turbocompresseur est protégé par un système automatique de

Détection/extinction identique, comprenant :

- 9 détecteurs de température protégeant le compartiment turbine ;
- détecteurs UV et IR protégeant le compresseur ;
- 7 bouteilles renfermant 50 kg de CO₂ chacune ;

d. Sous-station électrique et salle de contrôle optimisation

Le système automatique de détection/extinction comprend :

- 52 détecteurs de fumées
- 18 bouteilles renfermant 80 kg de CO₂ ;
- tableaux de visualisation et de contrôle.

1.7.4 Colonnes / séparateurs

La présence d'une caméra (système CCTV) permet la surveillance de toutes les zones compris les colonnes et les séparateurs.

La politique HSE de SONATRACH s'efforce d'appliquer le principe « Pas d'accidents, pas de blessés, pas d'impact sur l'environnement ». Pour cela, le système de gestion HSE intègre dans ses tâches quotidiennes ce qui suit :

- Un système d'évaluation des risques ;
- Un système d'autorisation de travail ;
- Une procédure d'isolation d'énergie ;
- Des programmes de formation et de sensibilisation pour le personnel SH et Sous-traitants ;
- Un système proactif de gestion des sous-traitants ;
- Des pratiques et des standards de travail et d'opération ;
- Un système de gestion de la maintenance ;
- Un système de gestion de modification pour approbation par les départements concernés ;
- Un système de documentation pour les procédures opératoires et de maintenance ;
- Une procédure de gestion de la circulation routière ;
- Un système pour les enquêtes, les rapports, la classification, la documentation et le suivi des incidents ;
- Des méthodologies d'auto-audit pour l'amélioration continue des performances HSE de SONATRACH ;
- Un plan de gestion des urgences.[1]

1.8 CONCLUSIONS

Le champ de Rhourde El Baguel illustre parfaitement l'évolution technologique et organisationnelle d'un site pétrolier intégré, où se conjuguent performance de production, rigueur sécuritaire et respect de l'environnement. Grâce à une structure technique bien développée et une politique HSE rigoureuse, le site assure une exploitation optimale du gisement tout en maîtrisant les risques industriels. L'ensemble des unités de traitement (CPF, TCF), les équipements de sécurité automatisés, ainsi que les services de prévention et

d'intervention, témoignent d'une organisation orientée vers l'excellence opérationnelle. Cette analyse détaillée du champ REB constitue ainsi une base indispensable pour évaluer la conformité du réseau de sécurité incendie et la capacité de réponse du site face aux scénarios de sinistres potentiels.

CHAPITRE 2

Généralité sur protection anti incendie

2.1 INTRODUCTION

La sécurité et la prévention des incendies signifient concevoir et construire un réseau de protection contre les incendies. C'est pourquoi nous avons présenté quelques concepts fondamentaux liés aux incendies et mentionné quelques bases de la mécanique des fluides impliquées dans la construction d'un réseau de protection contre les incendies.

2.2 Section 01 : généralité sur l'incendie

2.2.1 Définition de l'incendie

Un incendie est une forme de combustion qui se propage de manière incontrôlée dans le temps et dans l'espace. Il génère de la chaleur sous forme de rayonnement thermique, mesurée en kilowatts par mètre carré (kW/m^2). Les radiations thermiques atteignent leur intensité maximale. Pour qu'un incendie se déclare, trois conditions doivent être remplies : la présence d'un matériau combustible, la présence d'un comburant (généralement l'oxygène de l'air) et la présence d'une source d'inflammation (étincelle, flamme, chaleur...). [2] Alors l'absence d'un des 3 éléments du triangle empêche le déclenchement de la Combustion. C'est ce que l'on appelle le triangle du feu. [2]



Figure 2.1 Triangle de feu.

2.2.2 Définition de la combustion :

La combustion se réfère à la réaction chimique d'oxydoréduction qui se produit lorsque l'oxygène (oxydant) réagit avec une substance combustible (réducteur). Cette réaction est généralement exothermique, ce qui signifie qu'elle libère de la chaleur. La combustion est considérée comme complète lorsque tout le combustible est oxydé, tandis qu'elle est qualifiée d'incomplète si des résidus de combustible subsistent dans les fumées. [3]

La combustion peut être :

1. **lente** : est une réaction se réalisant à des températures peu élevées.
2. **Rapide ou vive** : il y a 2 types :
 - **La déflagration** est une réaction explosive caractérisée par une vitesse de l'onde de choc subsonique, inférieure à la vitesse du son, qui est d'environ 335 m/s (selon NFPA)
 - **La détonation** est une réaction explosive caractérisée par une vitesse de l'onde de choc supersonique, c'est-à-dire supérieure à la vitesse du son, qui se situe généralement entre 2000 et 8200 m/s (selon NFPA)

2.2.3 Les éléments de combustion

2.2.3.1 Le comburant

C'est l'oxygène contenu dans l'air qui va permettre à la flamme de se développer [3]

2.2.3.2 L'énergie d'activation

La source de chaleur, qu'il s'agisse d'une flamme, d'électricité, de chaleur, d'échauffement ou de frottements mécaniques, fournit l'énergie d'activation nécessaire pour déclencher la combustion...). [4]

2.2.3.3 Le combustible

Il existe différents types de combustibles tels que le gaz, le pétrole, le bois, le charbon, etc. Cependant, ils ont tous en commun le fait de contenir principalement des hydrocarbures, c'est-à-dire des combinaisons multiples de carbone et d'hydrogène. La composition des combustibles peut être représentée par une formule générique : $C_x H_y O_z$ [3]

2.2.4 Types de combustion

2.2.4.1 Combustion complète

La combustion complète se produit dans un apport illimité d'air, d'oxygène en particulier. Exemple : allumage de la bougie [4]

2.2.4.2 Combustion incomplète

La combustion est incomplète lorsque l'air est en quantité limitée. C'est la combustion de la saleté, en raison du manque d'oxygène, le carburant ne réagira pas complètement, qui à son tour, produit du monoxyde de carbone et de la suie au lieu du dioxyde de carbone. Exemple : brûlage de papier [5]

2.2.4.3 Combustion rapide

Un autre type de combustion est la combustion rapide. L'énergie rapide a besoin d'énergie thermique externe pour que la réaction se produise. La combustion produit une grande quantité de chaleur et d'énergie légère et le fait rapidement. La combustion se poursuivra aussi longtemps que le combustible est disponible. [4] Exemple : éclair de bougie

2.2.4.4 Combustion explosive

La combustion explosive se produit lorsque la réaction se produit très rapidement. La réaction se produit lorsque quelque chose s'enflamme pour produire de la chaleur, de la lumière et de l'énergie sonore [4]. Exemple : pétards

2.2.4.5 Combustion spontanément

La combustion se produit spontanément. Cela signifie qu'il n'a pas besoin d'énergie externe pour démarrer la combustion. Cela se produit en raison de l'auto-chauffage. Une substance à faible température d'inflammation est chauffée et cette chaleur ne peut s'échapper. [3]

2.2.5 Classement des feux

Sont classés en cinq catégories selon le type de combustible. La classification sert Également de base pour identifier les moyens d'extinction des différents types d'incendie :

2.2.5.1 Système Européen de classification des feux

- **Classe A** : Ces feux concernent des matériaux solides, généralement d'origine organique telle que le papier, le bois, le charbon et les fibres naturelles. Ils produisent souvent des braises brûlantes. [3]
- **Classe B** : Il s'agit d'incendies impliquant des liquides inflammables ou des solides Liquéfiés, tels que l'essence, l'huile, la graisse, les graisses et la peinture. [3]
- **Classe C** : Il s'agit d'incendies impliquant des gaz ou des gaz liquéfiés, tels que le Méthane, le propane et le gaz de ville. [3]
- **Classe D** : Ces feux se produisent lorsque le combustible est un métal comme l'aluminium, le sodium, le potassium ou le magnésium [3]
- **Classe F** : Ces incendies sont alimentés par des graisses de cuisson, telles que les graisses de friture. [3]

- **Feux à risque électrique** : Pour les incendies impliquant des équipements électriques sous tension où l'alimentation électrique ne peut pas être isolée et il existe un risque de choc électrique, l'agent extincteur doit être non conducteur, tel que le CO₂, les liquides en vaporisation et la poudre sèche [3]

2.2.5.2 Système Américain de classification des feux

- **Classe A** : Cette classe concerne les combustibles ordinaires tels que le bois, le papier, le tissu et la plupart des types de déchets. [3]

- **Classe B** : Il s'agit des feux impliquant des liquides et des gaz inflammables. Cette classe regroupe les feux où le combustible est un liquide ou un gaz inflammable ou combustible. Le système américain les désigne tous comme des feux de "classe B". [3]

- **Classe C** : Cette classe concerne les feux d'origine électrique, c'est-à-dire les feux impliquant des équipements électriques potentiellement sous tension. [3]

- **Classe D** : Cette classe concerne les feux de métaux combustibles tels que le magnésium, le potassium, le titane, etc. [3]

- **Classe K** : Cette classe concerne les feux d'huiles et de graisses de cuisson (feux de cuisine). Elle concerne les feux qui se produisent dans des appareils de cuisson bien isolés contenant des huiles de cuisson insaturées, généralement dans les cuisines commerciales. [3]

2.2.6 Les causes d'incendie

Le comburant est le plus souvent l'oxygène de l'air (certains produits chimiques sont aussi des comburants : symbole de danger O), il est donc difficile de jouer sur cet élément pour casser le triangle du feu. De plus l'ensemble des établissements industriels utilise des matières combustibles (emballages cartons, papiers, produits chimiques inflammables). Il apparaît ainsi que pour éviter de réunir les 3 éléments du triangle du feu, il faudra pallier l'apparition de l'énergie d'activation. Celle-ci peut se matérialiser sous différentes formes :

A- Origines techniques

- Thermiques (sources de chaleur) ;
- Mécaniques (Disfonctionnement, frottement) ;
- Chimiques (réaction de produits) ;

- Biologiques (fermentation) ;
- Electriques (court-circuit) ;
- Emploi d'énergie.

B- Origines humaine

- Imprudence ;
- Erreur ;
- Ignorance ;
- Oubli ;
- Male surveillance ;
- Négligence.

C- Origines naturels

- Soleil
- Foudre ;
- Combustion spontanée.

D- Origines accidentelles

- Cigarette mal éteinte ;
- Mauvaise utilisation d'un chalumeau [4]

2.2.7 Transferts de chaleur et modes de propagation

Le transfert de chaleur peut se faire par conduction, convection ou rayonnement.

2.2.7.1 Conduction :

La conduction est un mode de transfert de chaleur de proche en proche dans le matériau en lui-même (ex : barre métallique chauffée à l'une de ses extrémités et qui transmet la chaleur à son autre extrémité). On dit d'un matériau qu'il est thermiquement isolant ou conducteur.

2.2.7.2 Convection :

La convection désigne un transfert de chaleur s'effectuant par l'intermédiaire d'un fluide en mouvement (liquide ou gaz). Dans le cas de l'incendie, ce sont les fumées et gaz chauds qui se propagent dans les différents volumes de la structure

2.2.7.3 Rayonnement :

Le rayonnement correspond au processus d'émission ou de propagation de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques. Il ne nécessite pas de contact matériel à l'inverse des deux modes de propagation de la chaleur précédents. Le rayonnement varie en fonction de la température du corps considéré. [5]

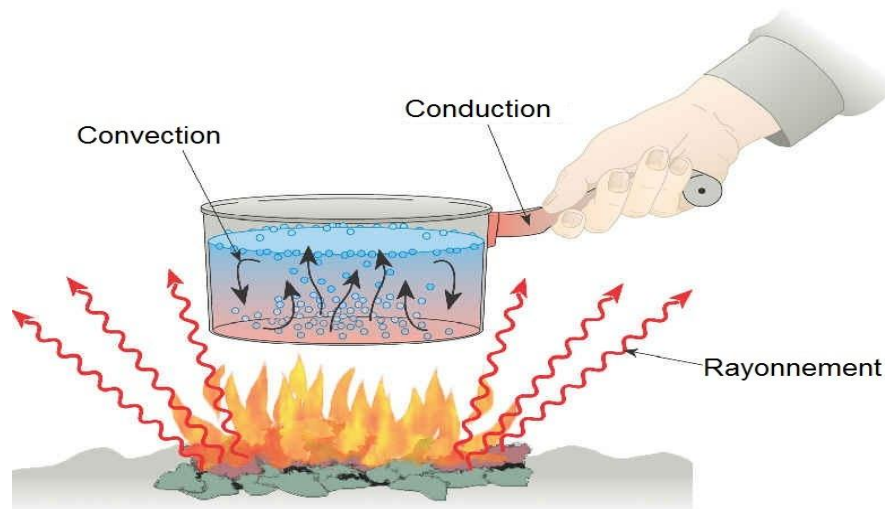


Figure 2.2 Méthodes de transfert de chaleur

2.2.8 Les agents de l'extinction

2.2.8.1 L'eau

L'eau est le liquide principal utilisé dans ces extincteurs, bien que parfois d'autres additifs y soient ajoutés. Un inconvénient des extincteurs à eau pure est leur incompatibilité avec les conditions de gel, car l'eau à l'intérieur peut geler et rendre l'extincteur inefficace. Ces extincteurs sont principalement conçus pour l'extinction des feux de classe A. [6]

2.2.8.2 La mousse

La mousse est utilisée pour les feux de classe A et B. Un avantage de ce type d'extincteur lorsqu'il est utilisé sur des feux liquides inflammables de classe B d'une certaine profondeur est la capacité de l'agent à flotter à la surface du liquide et à l'envelopper, ce qui aide à prévenir les reprises de feu. [6]

2.2.8.3 Dioxyde de carbone (CO₂)

Le principal avantage des extincteurs au dioxyde de carbone (CO₂) est que l'agent ne laisse aucun résidu après utilisation. Cela peut être un facteur important lorsque la protection

est nécessaire pour des équipements électroniques délicats et coûteux. Les autres applications courantes sont les zones de préparation des aliments, les laboratoires et les zones d'impression ou de reproduction. Les extincteurs au dioxyde de carbone doivent être utilisés pour les incendies de classe B et C. Étant donné que l'agent est libéré sous forme de nuage de gaz ou de neige, il a une portée relativement courte de 3 à 8 pieds (1 à 2,4 mètres). Ce type d'extincteur n'est pas recommandé pour une utilisation en extérieur par temps venteux ni à l'intérieur dans des endroits soumis à des courants d'air forts, car l'agent peut se disperser rapidement et entraver l'extinction. [6]

2.2.8.4 Types d'agents halogénés

On les trouve dans les systèmes fixes et les extincteurs portatifs. Il en existe plusieurs types tels que le bicarbonate de sodium, le bicarbonate de potassium, le chlorure de potassium et le phosphate de mono-ammonium. Parmi eux, le phosphate de mono-ammonium est le produit chimique le plus largement utilisé. [6]

2.2.9 Méthodes d'extinction

2.2.9.1 Le refroidissement

Le refroidissement qui consiste à absorber l'énergie calorifique émise par le foyer, a pour objectif d'abaisser la température du combustible au-dessous de la température d'inflammation afin de bloquer la distillation des gaz inflammables. [7]

2.2.9.2 L'étouffement

Permet d'abaisser la teneur en oxygène aux alentours du foyer afin de rendre l'atmosphère incombustible. En fonction de la nature du combustible et s'il s'agit d'un feu profond (sans braise), il peut être nécessaire de réduire cette teneur au-dessous de 8 p. 100 (15 p. 100 suffisent pour la plupart des combustibles). [7]

2.2.9.3 L'isolement

L'isolement mode d'action proche du précédent, sépare « physiquement » les gaz de distillation par rapport à l'oxygène de l'air. L'agent extincteur forme donc une couche isolant le combustible même après l'extinction. [7]

2.2.9.4 L'inhibition

L'inhibition pour rôle de bloquer la réaction chimique du feu. Une flamme est le siège d'une multitude de réactions au sein desquelles des produits éphémères apparaissent et

disparaissent rapidement. Ces produits, les radicaux libres, sont « piégés » par les inhibiteurs qui les empêchent de passer à la séquence suivante. La réaction de la flamme est alors bloquée. [7]

2.3 Section 02 : phénomène dangereuse

2.3.1 Le risque explosion :

L'explosion, à la différence de l'incendie, est une combustion quasiment instantanée. Elle provoque un effet de surpression résultant d'une onde de pression (déflagration ou détonation en fonction de la vitesse de propagation de l'onde de pression) ainsi que la projection de fragments. Il y a risque d'explosion quand le gaz combustible se retrouve dans des proportions données par rapport au gaz comburant. [8]



Figure 2.3 Les limites d'explosivité

2.3.1.1 La Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) :

En dessous de cette valeur, il n'y a pas assez de gaz pour que le mélange s'enflamme. Toute prévention doit se faire avant l'apparition du danger d'explosion : c'est le rôle de l'explosimètre. [8]

2.3.1.2 La Limite Supérieure d'Explosivité (LSE) :

Au-dessus de cette valeur, il y a trop de gaz et pas assez de comburant pour que le mélange s'enflamme. Cette limite n'est pas exploitable en prévention, ni en intervention car le mélange n'est pas homogène à 100 %. [8]

2.3.1.3 Point d'éclair

C'est la température minimale ou la plus basse à partir de laquelle un hydrocarbure liquide émet suffisamment de vapeurs pour former, avec l'air ambiant, un mélange gazeux qui s'enflamme sous l'effet d'une source d'énergie calorifique telle qu'une flamme pilote, mais pas suffisamment pour que la combustion s'entretienne d'elle-même (susceptibles de provoquer un flash en présence d'une source de chaleur). [8]

2.3.1.4 Point d'inflammation

Le point d'inflammation est la température la plus basse à laquelle un liquide émet suffisamment de vapeurs pour former avec l'air ambiant un mélange inflammable dont la combustion une fois débutée puisse s'entretenir d'elle-même après retrait de la source d'allumage. Il est supérieur au point d'éclair (ou point d'inflammabilité) de quelques degrés. Entre le point d'éclair et le point d'inflammation, les vapeurs s'enflamment mais ne peuvent continuer à brûler sans apport extérieur d'énergie. [9]

2.3.1.5 Point d'auto-inflammation

C'est la température à partir de laquelle le produit chauffé émet des vapeurs. A cette température, le combustible avec l'air s'enflamme spontanément en l'absence de flamme pilote et continue à brûler [9]

2.3.2 Les phénomènes dangereux

Associés aux risques chimiques et leurs effets : Lors d'un accident ayant pour origine des produits chimiques, différents scénarios d'accidents majeurs peuvent se manifester, les plus dangereux sont :

Tableau 2.1 les phénomènes dangereux [8]

Type de risque	Phénomène	Effets du phénomène
Incendie	Feu de torche, BOILOVER, feu de liquides inflammables	Thermiques
Explosion	BLEVE, UVCE	De surpression de projection
Dispersion atmosphérique	Perte de substances toxiques, fumées toxiques	Toxiques sur l'environnement

2.3.2.1 U.V.C.E (Unconfined Vapour Cloud Explosion) :

Explosion accidentelle de vapeurs non confinées, l'UVCE se produit quand ce nuage rencontre une source d'inflammation. Les dangers associés sont : onde de pression, missiles, boule de feu et rayonnement thermique.

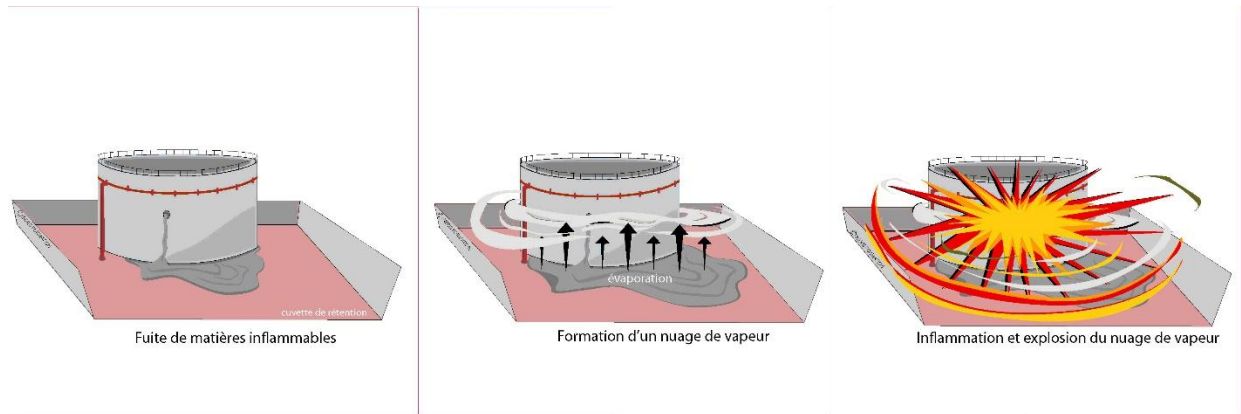


Figure 2.4 U.V.C.E [8]

2.3.2.2 B.L.E.V.E (Boiling Liquide Expanding Vapour Explosion) :

Explosion de gaz en expansion provenant d'un liquide en ébullition. Généralement, la résultante d'un incendie enveloppant un stockage de gaz liquéfiés sous pression, inflammable ou non, très redouté dans le cas de feux de camion-citerne ou de réservoir d'hydrocarbures. Les dangers associés sont : onde de pression, missiles, boule de feu et rayonnement thermique (si gaz inflammable).

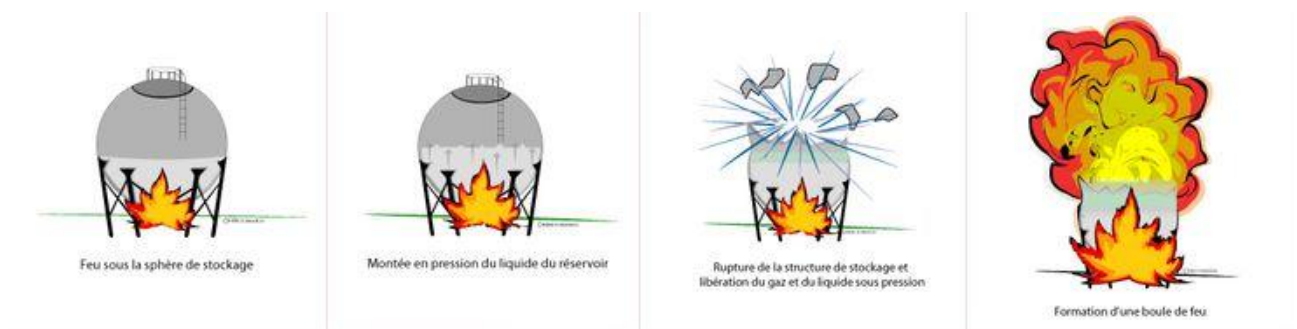


Figure 2.5 B.L.E.V.E [8]

2.3.2.3 BOIL-OVER:

BOIL-OVER l'explosion par vaporisation, un hydrocarbure relativement visqueux (fioul lourd, gazole, fioul domestique) en combustion peut se retrouver violemment expulsé de son réservoir en raison de la vaporisation soudaine d'un second fluide présent au sein de celui-ci et possédant une plus forte densité et en revanche, un plus bas point d'ébullition que

l'hydrocarbure ». Ce fluide correspond en général à de l'eau présente dans le fond du bac pour différentes raisons (condensation, eaux de pluie, d'extinction, présence naturelle dans l'hydrocarbure,...). Les dangers associés sont : onde de pression, boule de feu et rayonnement thermique.

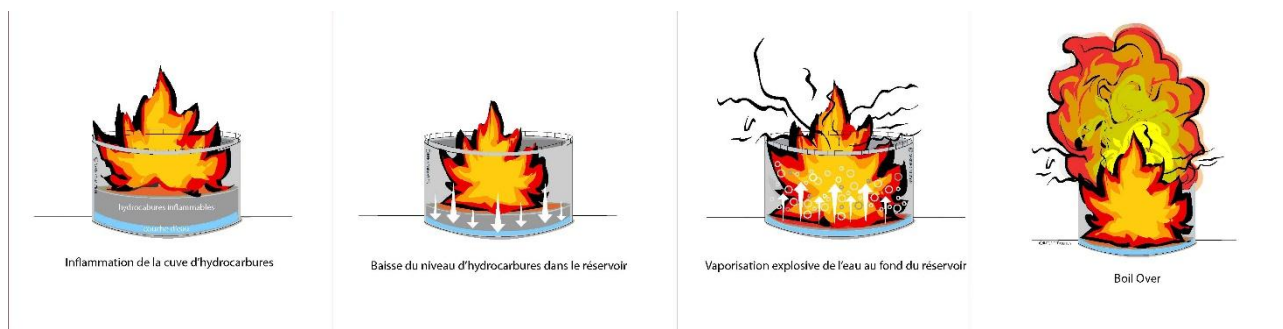


Figure 2.6 BOIL-OVER [8]

2.3.2.4 Feu de nappe ou « feu de flaque » :

Décrit un incendie résultant de la combustion d'une nappe de combustible liquide. IL implique principalement la surface de la nappe en contact avec l'air, les feux de réservoir, feux de cuvette (de rétention) les feux de flaque libre. [8]

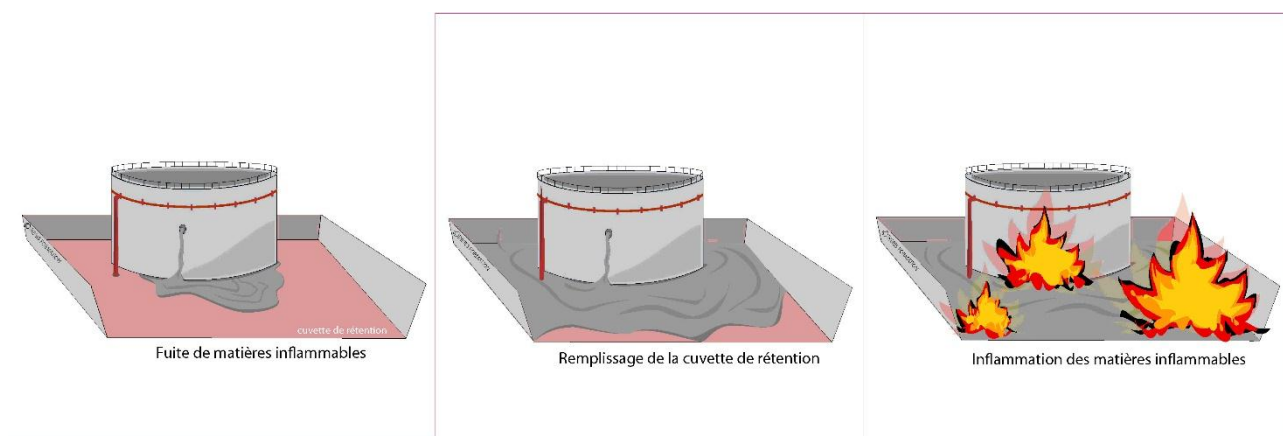


Figure 2.7 Feu de nappe [8]

2.3.2.5 Dispersion atmosphérique :

Une explosion, un incendie ou une fuite importante peuvent conduire à une pollution de l'air, de l'eau, du sol, entraînant des conséquences mortelles ou des contaminations durables des sols avec des conséquences notables pour la santé.

Les conditions de dispersion atmosphérique d'un produit vont dépendre de plusieurs paramètres :

- Les conditions de rejet (nature du nuage de produit, mode d'émission...) ;
- Les conditions météorologiques (champ de vent, de température...) ;
- L'environnement (nature du sol, présence d'obstacles, topographie...).

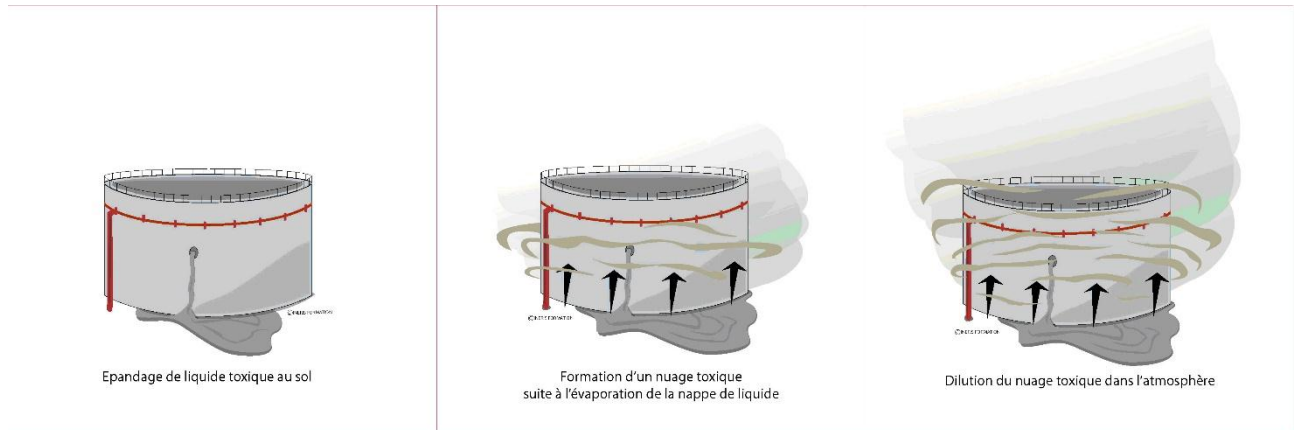


Figure 2.8 Dispersion atmosphérique [8]

2.4 Section 03 : Description générale des réseaux de lutte incendie

Lorsque les agents extincteurs utilisés sont l'eau et la mousse, une installation de protection fixe contre l'incendie est constituée de :

- Une réserve d'eau incendie ;
- La pomperie (pompes principales et pompes jockey) ;
- Le réseau d'eau incendie (maillé) ;
- Les consommateurs d'eau et de mousse :
- Réseau déluge constitué d'un réseau sec, d'une vanne déluge et de pulvérisateurs ;
- Lances monitor à eau ou à mousse ;
- Hydrants (poteaux ou bouches incendie)
- La réserve d'émulseur centralisée ou des réserves dédiées ;
- Le système de pré mélange ;
- Les générateurs et les distributeurs de mousse (déversoirs et boîtes à mousse).

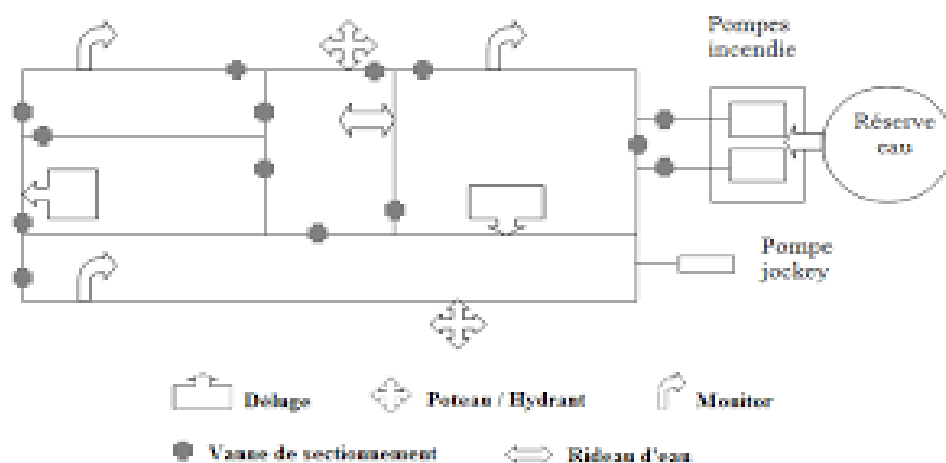


Figure 2.9 Schéma simplifié d'une installation de lutte contre l'incendie

2.4.1 Le réseau maillé

Le réseau principal, appelé réseau maillé, il transporte l'eau jusqu'aux consommateurs au niveau des bac et cuves de rétention, et la réserve et pomperie d'eau. Toutes les normes de protection contre l'incendie exigent que le réseau eau/mousse soit maillé pour qu'il puisse transporter l'agent extincteur par différentes voies. Le réseau maillé est constitué de vannes d'isolement situées à chaque intersection du circuit principal et permet d'isoler manuellement une branche du réseau. Ce qui permet d'assurer l'approvisionnement en eau des consommateurs malgré les interruptions ou les opérations de maintenance sur une partie du réseau. La pression dans le réseau est contrôlée par des capteurs de pression à des points clés (par exemple, à proximité de la station de pompage ou au point le plus éloigné). [10]

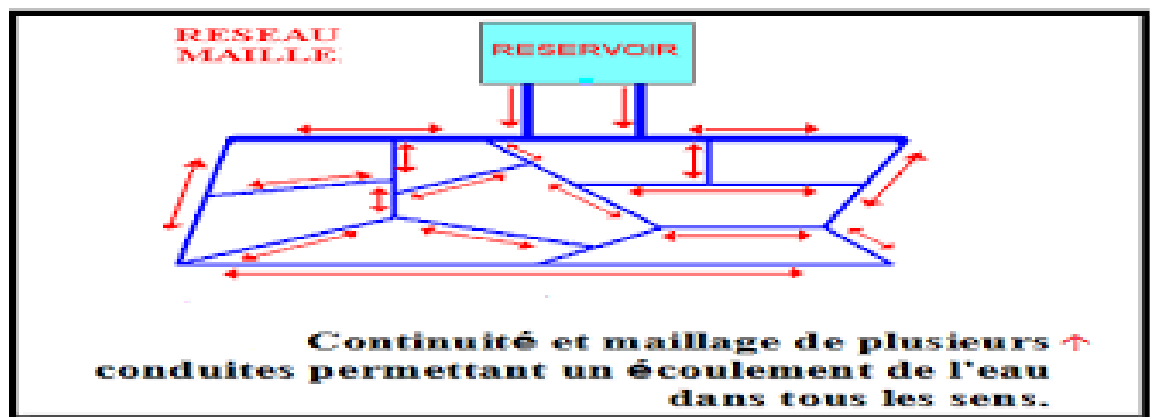


Figure 2.10 Réseau maillé

2.4.2 Pompage et réserve d'eau

La Réserve d'eau peut consister en un bassin ou réservoir artificiel, ou en une réserve naturelle (mer, rivière, etc) et doit être disponible immédiatement. Les pompes incendie couvrent 100% de la demande maximale, à la pression requise en tous points du réseau.

Le nombre de pompes installées est au moins égal au nombre de pompes nécessaires pour fournir le débit requis (100%) + 1, dans le cas où une pompe serait indisponible (pour cause de maintenance par exemple).

On peut retrouver les configurations suivantes :

- 3 x 50% (3 pompes) ; (Deux pompes principales et une pompe de secours)
- 2 x 100% (2 pompes). (Une pompe principale et une pompe de secours)

Elles sont à positionner de façon à être protégées des risques de feu et d'explosion de l'installation ou d'un incendie sur une pompe incendie voisine (mur coupe-feu et anti explosion, distance à l'installation en accord avec l'étude de dangers). De plus, elles devraient être entraînées par des sources d'énergie indépendantes (électricité, moteur diesel, etc)

Les pompes jockey, électriques et au nombre d'une ou deux, sont prévues pour maintenir le réseau sous une pression d'environ 6 à 8 bar, avec un débit variant de 20 à 50 m³/h pour compenser le taux normal de fuite sur le réseau. **[10]** Les pompes principales ne peuvent pas être utilisées comme pompes jockey. Lorsqu'il y a deux pompes jockey, la deuxième pompe peut être démarrée

- : • Automatisement en cas d'insuffisance de la première ;
- De façon ponctuelle en cas d'opérations de maintenance sur la première ;
- De façon plus régulière afin d'équilibrer l'utilisation des deux pompes.

2.4.3 La réserve d'eau incendie et pomperie

2.4.3.1 Réserve d'eau

La réserve d'eau (bassin, réservoir) doit être disponible, calculée sur la base du plus grand besoin en eau dans l'usine. **[10]**

2.4.3.2 Pompes principales

Les pompes incendie couvrent 100% de la demande maximale, à la pression requise en tous points du réseau. Le nombre de pompes installées est au moins égal au nombre de pompes nécessaires pour fournir le débit requis (100%) + 1, dans le cas où une pompe serait indisponible (pour cause de maintenance par exemple). On peut retrouver les combinaisons suivantes :

- 3 x 50% (3 pompes), c'est la combinaison la plus fréquente.
- 2 x 100% (2 pompes).
- 2 x (2 x 50%) (4 pompes). Le nombre de pompes installées est au moins égal au nombre de pompes nécessaires + 1, pour couvrir le cas où une pompe serait indisponible (maintenance). Ces pompes devraient être localisées de part et d'autre de l'installation, pour pouvoir alimenter le réseau maillé par au moins deux voies différentes. Elles sont à

positionner de façon à être protégées des risques de feu et d'explosion de l'installation ou d'un incendie sur une pompe incendie voisine (mur coupe-feu et anti-explosion, distance à l'installation en accord avec l'étude de dangers). De plus, elles devraient être entraînées par des sources d'énergie indépendantes (électricité, moteur diesel, etc.). [10]



Figure 2.11 Pompes jockey



Figure 2.12 Pompes électriques



Figure 2.13 Pompe diesel

2.4.3.3 Pompes Jockey

Les pompes jockey, électriques et au nombre d'une ou deux, sont prévues pour maintenir un débit de 20 à 50 m³/h dans le réseau incendie, à une pression d'environ 6 à 8 bars pour compenser le taux normal de fuite sur le réseau. Les pompes principales ne peuvent pas être utilisées comme pompes jockey. Lorsqu'il y a deux pompes jockey, la deuxième pompe peut être démarrée :

- Automatisement en cas d'insuffisance de la première ;
- De façon ponctuelle en cas d'opérations de maintenance sur la première ;
- De façon plus régulière afin d'équilibrer l'utilisation des deux pompes. [11]

2.5 Généralités sur la mousse

L'eau étant inefficace pour éteindre un feu de bac contenant un liquide inflammable, ou un feu dans une cuvette de rétention, la mousse est le moyen utilisé pour faire face à ce genre d'événements. La mousse est constituée d'un émulseur, d'eau et d'air. Sa fabrication se fait au moment même de l'incendie, afin de garantir son efficacité à éteindre l'incendie. La production de la mousse est illustrée dans le schéma ci-après. [10]

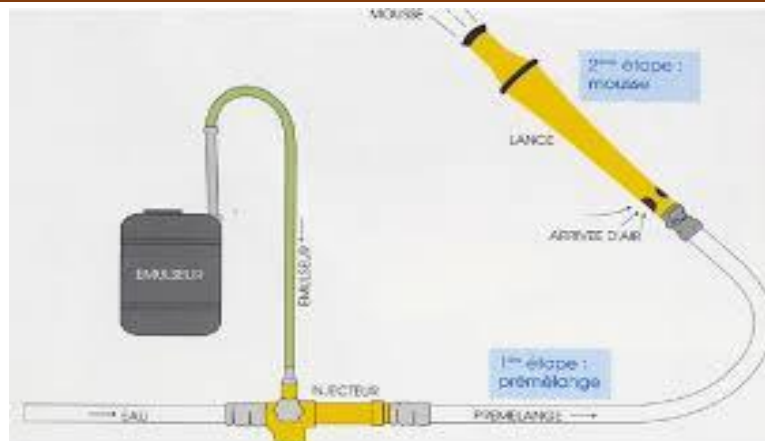


Figure 2.14 Etapes pour la production de la mousse [10]

La première étape du système lorsqu'il commence à fonctionner, consiste à conduire l'eau et l'émulseur vers le mélangeur, où ils sont mélangés pour produire une solution moussante appelée "pré mélange". Cette dernière est envoyée vers le générateur qui crée la mousse en injectant l'air dans le pré mélange. Le comportement de la mousse est caractérisé par :

- Son efficacité extinctrice ;
- Sa résistance à la ré-inflammation. Ces deux caractéristiques dépendent de la nature de l'émulseur utilisé, du mode d'application de la mousse et du combustible impliqué. On peut trouver plus d'informations concernant les différentes catégories de mousse sur les normes européennes NF EN 1568, notamment les temps maximums d'extinction, et les temps minimums de ré-inflammation. Puisque l'utilisation de mousse nécessite de réserves d'émulseur, de systèmes de pré mélange, de générateurs et de distributeurs de mousse. [10]

Nous allons ces dispositifs en détail :

2.5.1 Réserve d'émulseur

Il existe deux formes de stockage d'émulseur.

- Soit un stockage d'émulseur centralisé en un seul point, près de la station de pompage d'eau incendie et protégée des effets thermiques et de surpressions éventuelles.

Dans ce type de stockage, le système de pré mélange est y associé, c'est-à-dire que le pré mélange se fait à l'amont du réseau- à proximité de la réserve commune d'émulseur.

- Soit plusieurs points de stockage d'émulseur, chacun destiné à un équipement ou à un groupe d'équipements : c'est-à-dire chaque équipement a sa propre réserve d'émulseur. Dans ce cas, le pré mélange est réalisé à proximité de chaque consommateur. Le calcul de la

quantité d'émulseur nécessaire est fonction de trois facteurs : taux et de la durée d'application, de la concentration. Elle est calculée au cas par cas et doit prendre en compte les phases d'extinction et de temporisation (la temporisation consiste à réduire le flux thermique émis par l'incendie par la mise en œuvre de moyens d'application de solution moussante dont le taux est égal à la moitié du taux d'application nécessaire à l'extinction). La réserve d'émulseur, ainsi que la centrale incendie doivent être installés hors des zones d'effets thermiques d'intensité supérieure à 5 kW/m². [10]

2.5.2 Système de pré mélange

Le mélange eau-émulseur est réalisé soit :

- Avec des injecteurs équipés d'un système venturi qui crée une dépression permettant l'aspiration de l'émulseur concentré à partir de la réserve et son mélange avec l'eau. L'inconvénient de ce système est qu'il génère des pertes de charge importantes, près de 30 % de la charge initiale.

Afin de garantir la production du débit requis, les systèmes sont testés sous les conditions d'alimentations disponibles. Les systèmes qui fonctionnent à un débit variable, sont utilisés pour les lances portables ou canons fixes mais dans une plage assez restreinte (de 0 à + 15 % par rapport au débit de la lance).

- Avec des systèmes, où l'émulseur est injecté vers le proportionneur sous pression dans lequel s'effectue le mélange en rapport constant avec l'eau du réseau, à l'aide d'une pompe volumétrique, quels que soient la viscosité de l'émulseur, la pression et le débit d'eau.

Ces systèmes sont destinés aux utilisés d'émulseurs à viscosité élevée et lorsque de grandes quantités sont nécessaires, car, la réserve à émulseur étant atmosphérique, son ravitaillement est possible en cours d'intervention.

- Avec des systèmes appelés « unités de stockage et de dosage » ou USD. Ils comprennent un réservoir à eau à l'intérieur duquel est située une poche souple contenant la réserve d'émulseur. L'eau entrant sous pression comprime la poche et l'émulseur est ainsi propulsé en même temps que l'eau et à la même pression vers un proportionneur qui assure un dosage constant du prémélange quels que soient, en amont, le débit et la pression de l'eau. Ce système autorise des variations de débit de 1 à 10 m³/s. L'avantage des deux derniers systèmes, c'est qu'ils entraînent moins de pertes de charge, tout en produisant un mélange constant quelles que soient les conditions d'alimentation en eau. [10]

2.5.3 Générateurs et distributeurs de mousse

Les propriétés et les applications des mousses dépendent principalement de leur taux de foisonnement et des émulseurs utilisés. Le taux de foisonnement (TF) est le rapport du volume de mousse sur le volume de solution moussante (eau + émulseur) :

- Si $TF < 4$, on parle de mousse à très bas foisonnement. Elle forme un gel ou un film à la surface des liquides avec les émulseurs filmogènes, ce qui contribue à ralentir l'évaporation.
- Si $4 < TF < 20$, on parle de mousse à bas foisonnement. C'est une mousse lourde qui peut être projetée à de grandes distances. Elle est employée pour des lances mobiles ou des canons à balayage automatique mais aussi pour des installations fixes (buses, buses mixtes, boîtes à mousse). Le générateur, pour la mousse à bas foisonnement, mélange l'air à la solution moussante par aspiration d'air lors de la détente de la solution moussante. La mousse à bas foisonnement est adaptée pour lutter contre les grands feux de l'industrie pétrolière.
- Si $20 < TF < 200$, il s'agit de mousse à moyen foisonnement. Elle est aussi principalement utilisée avec des dispositifs de projection et parfois dans des petites enceintes confinées, en particulier pour les feux proches du sol. La mousse à moyen foisonnement est adaptée à la rétention des fuites ou épandages de gaz liquéfiés ou de produits toxiques.
- Si $TF > 200$, il s'agit de mousse à haut foisonnement. Elle permet de « noyer » de grands volumes (entrepôts, galerie de câbles, etc.), mais résiste moins bien au feu que les autres mousses et peut être dispersée par le vent. Elle est donc principalement utilisée en intérieur.

Plus le TF augmente, plus la mousse est légère et son volume important, donc plus les capacités de noyage d'un volume augmentent. [14]



Figure 2.15 Différents types de foisonnement de la mousse [10]

Une mousse est également caractérisée par :

- Sa fluidité : la fluidité d'une mousse représente sa facilité d'étalement.
- Sa décantation : dès sa formation, une mousse tend à se détruire pour retourner à l'état de prémélange. Une décantation lente est un facteur de qualité (si la formation d'un film aqueux est recherchée, une décantation rapide est préférable pour obtenir rapidement un film flottant).
- Sa résistance à la contamination par les hydrocarbures : ce paramètre est conditionné par le type d'émulseur utilisé. [10]

2.6 Installations de lutte incendie dans les centres de stockage de liquides inflammables

Les bacs de stockage ainsi que les cuves de rétentions représentent des installations à risques élevés, nécessitant une mise en œuvre rapide. Les paragraphes ci-après listent les installations fixes de lutte contre l'incendie sur des sites stockant des liquides inflammables.

Ces installations font référence aux normes internationales listées dans la première section de ce chapitre.

2.6.1 Le système déluge (Pulvérisateurs)

Le système déluge est une installation fixe destinée au refroidissement des réservoirs du dépôt. Il est constitué d'un ensemble de couronnes fixées autour des réservoirs. Il est

constitué de filtres, de vannes déluge et de buses de déluge (aussi appelés pulvérisateurs). Comme son nom l'indique, le système déluge a pour objectif de délivrer une grande quantité d'eau. Pour cela, nous utilisons des pulvérisateurs à « tête ouverte », c'est-à-dire que l'orifice est libre. Lorsque le système se déclenche, une vanne s'ouvre et libère l'eau qui parcourt le réseau de tuyauterie. Ainsi, tous les pulvérisateurs du réseau fonctionnent en même temps afin de déverser une grande quantité d'eau sur une zone ciblée. Donc chaque réservoir a son propre système de tuyauterie de refroidissement et sa propre vanne de déclenchement, aussi appelée « poste déluge ». Le déclenchement peut être manuel ou automatique avec une détection de nature hydraulique (réseau pilote équipé de sprinklers) ou électrique (sonde de température, sonde de pression, caméra thermique...). [10]

Les buses sont de type jet plat, refroidissant la surface exposée située au-dessus du niveau du liquide. Pour des facilités de montage ou pour optimiser la demande en eau, la couronne peut être divisée en 1, 2, 3 ou 4 tronçons, chacun devant être alimenté par sa propre colonne montante

Les vannes du réseau déluge représentent un élément de base de ce réseau. Elles sont spéciales à ouverture rapide (manuelle ou automatique). Elles sont protégées de murs coup feu pour éviter les risques d'incendie et d'explosion.

Le réseau déluge comprend également des filtres pour séparer les particules solides qui peuvent obstruer les buses ou endommager les vannes déluges. Ils doivent être placés en amont de lavanne déluge, avoir un raccord pour le rinçage et être entretenus régulièrement pour éviter une augmentation de la perte de charge. [10]

Les buses de pulvérisation d'eau sont de type ouvert (pas de fusible). Par conséquent, toute la zone alimentée par la vanne déluge déclenchée est arrosée en même temps. Pour faciliter les calculs de dimensionnement, et pour chaque installation donnée, le type de buse est homogénéisé.

L'installation du système déluge est complétée par des lances monitors, orientées de manière fixe ou automatique et dédiées à l'équipement à protéger. [10]

2.6.2 Les lances monitors

Une lance d'incendie est un dispositif permettant de projeter de l'eau ou de la mousse pour lutter contre un feu. La lance est reliée à un tuyau qui achemine l'eau depuis sa réserve. Les

lances monitors sont conçues pour fournir l'eau pour le refroidissement des réservoirs de stockages, ou même pour l'extinction des feu bac et cuvettes.

Les fournisseurs offrent plusieurs modèles, elles peuvent être fixes ou oscillantes, manuelles ou automatiques. Elles fournissent généralement un débit de 70 à 180 mètres cubes par heure à une pression de 7 à 10 bars, avec une portée horizontale moyenne de 40 m.

Le nombre des lances monitors doit être suffisant pour atteindre tous les équipements dans un rayon de 40 m, et la distance minimale entre eux et les équipements à protéger est de 15 m. [10]



Figure 2.16 Lance monitor connectée sur le réseau maillé enterré [12]

2.6.3 Les déversoirs à mousse

Les cuvettes de rétention sont considérées comme dispositifs indissociables de la fonction de stockage de liquides inflammables. Elles permettent de garantir le confinement de rejets de

matières dangereuses, mais aussi de limiter la propagation des feux aux installations voisines lors d'un incendie. L'extinction des feux de cuvettes se fait avec des déversoirs à mousse. Lorsqu'une cuvette / sous-cuvette est en feu à la suite d'un épandage par exemple, des déversoirs à mousse créent un tapis de mousse pour contenir ou éteindre l'incendie. Ce tapis est entretenu en permanence pour assurer une efficacité optimale malgré la décantation de l'eau. Lors de l'extinction d'un feu de cuvette, il faut s'assurer que le bac se trouvant dans cette cuvette n'est pas lui-même arrosé à l'eau ou à la mousse, afin de préserver le film de mousse créé pour contenir ou éteindre le feu de cuvette. [10]

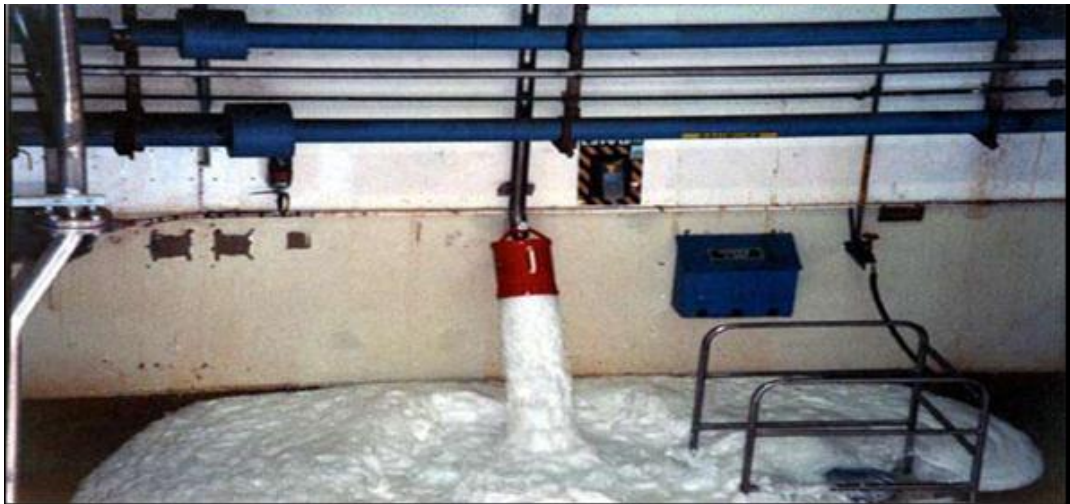


Figure 2.17 Les déversoirs à mousse

2.6.4 Les boîtes à mousse

L'injection de la mousse s'effectue le plus souvent en haut du bac, le système de distribution consiste en des boîtes à mousse, dont le nombre varie selon le diamètre du bac. Les boîtes à mousse sont constituées de :

- D'un joint pivotant qui permet de limiter le risque de rupture de la tuyauterie amenant la solution (eau + émulseur) si une explosion précède l'incendie. Il se trouve sur la tuyauterie, à la base du bac ;
- D'une entrée d'air, protégée par un écran afin d'éviter toute obstruction par un élément extérieur, et permettant de générer la mousse ;
- D'une chambre à mousse, interdisant l'entrée des gaz dans la tuyauterie d'injection de la mousse grâce à une vitre de protection appelée glace de rupture. Cette vitre, qui assure l'étanchéité vis-à-vis des gaz extérieurs, cèdera sous la pression de la mousse pour qu'elle puisse se déverser dans le bac ; D'un déversoir favorisant l'application de la mousse dans le bac. [10]

2.6.5 Les hydrants

Les hydrants font partie des systèmes hydrauliques de sécurité incendie, raccordés au réseau d'eau à une pression minimale 1 bar, maximale 16 bars, avec un débit égal à 60 m³/h ou plus. Ils doivent être accessibles par les pompiers en toutes circonstances. [10]



Figure 2.18 Les hydrants

5-6. Pression set débits

Ceux sont deux paramètres très importants, qui jouent un rôle de premier rang dans le processus d'extinction de feu par l'eau ou par la mousse. Sur le plan théorique, le calcul des valeurs de pression et de débit est soumis à une réglementation relative aux risques à protéger (Classification des risques). Sur le plan pratique (plus important), la réalisation de ces valeurs dépend de certains facteurs; qu'il faut surveiller continuellement, à savoir :

- Le volume de la réserve d'eau
- Le rendement du système pomperie
- L'étanchéité du système.

2.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié les notions essentielles liées au feu, notamment ses conditions de déclenchement, ses modes de propagation et ses différentes classes. Les principaux phénomènes dangereux associés aux incendies, comme les effets thermiques, les fumées et les risques d'explosion, ont également été abordés, mettant en évidence les menaces qu'ils représentent pour les personnes et les installations.

Par ailleurs, nous avons présenté les éléments constitutifs d'un réseau anti-incendie, en insistant sur son importance dans la prévention et la lutte contre les incendies. Ce réseau, composé de canalisations, de points d'eau et d'équipements de lutte, constitue un outil indispensable pour assurer la sécurité industrielle.

CHAPITRE 3

Identification des zones de dangers et plan d'intervention

3.1 Introduction

Les raffineries présentent des risques multiples en raison de procédés complexes impliquant des substances inflammables, toxiques, et des équipements sous pression. Les zones critiques incluent :

- **Zones ATEX** (Atmosphères Explosives) : Classées selon la présence de gaz (Zones 0, 1, 2) ou poussières (Zones 20, 21, 22). Exemples : alentours des réservoirs de stockage, unités de distillation.
 - **Stockage de Produits** : Réservoirs de pétrole brut, de gaz (LPG, LNG), et produits chimiques (acides, solvants).
 - **Unités de Procédé** : Distillation, craquage catalytique, désulfuration (risques de feu, fuites toxiques).
 - **Zones de Chargement/Déchargement** : Camions-citernes, quais pétroliers (risques de déversement, étincelles).
 - **Espaces Confinés** : Cuves, canalisations, égouts (asphyxie, exposition toxique).
 - **Installations Électriques et Mécaniques** : Salles de contrôle haute tension, compresseurs (risques électriques, mécaniques).
 - **Zones de Haute Température/Pression** : Fournaises, réacteurs (risques de rupture).
- [13]

Dans le cadre de notre étude, il a été essentiel de procéder à l'identification des zones à risque au sein du complexe industriel en collaboration avec les ingénieurs terrain, dont l'expertise a été déterminante pour mener à bien ce projet.

3.2 Zones à risque du site Rhourde El baguel

Le site de **Rhourde El baguel** est organisé en 29 zones distinctes, chacune dotée d'une fonction et une caractéristique propre, il existe dans ce cas :

- Zone 1 : Manifold Plant
- Zone 2 : Puits producteurs RB 24/36/81 et puits injecteurs RB77
- Zone 3 : Puits producteurs RB 53/54
- Zone 4 : Puits producteur RB 19/25/41/44/66/74/80

- Zone 5 : Manifold Nord, Puits producteurs RB 40/78 et puits injecteurs RB73
- Zone 6 : Puits producteurs RB 12/63et puits injecteurs RB 68/71
- Zone 7 : Puits producteurs RB 34/39/43/55/59/60/72
- Zone 8 : Puits producteurs RB 35/58/79
- Zone 9 : Puits producteurs RB 42/75/67/76
- Zone 10 : Puits producteurs RB 33/49/8/50/70
- Zone 11 : Puits injecteurs RB 38/61/62
- Zone 12 : Puits producteurs RB 18/52 et puits injecteurs RB 48/56
- Zone 13 : Manifold Sud et Puits producteurs RB 7B/37/57/82 et puits injecteur RB15
- Zone 14 : Magasin de stockage Sud-Est (Produits Chimique) et Puits producteurs RB 64Bis/45/47/85
- Zone 15 : Puits producteurs RB 26/46/65 et puits injecteur RB69
- Zone 16 : Cuve en propane BV n°01 SH
- Zone 17 : Puits producteurs RB 83
- Zone 18 : Cuve en propane BV n°02 SH
- Zone 19 : Manifold BRA, Puits producteurs BRA 01/06
- Zone 20 : Puits producteurs BRA 03/05/08
- Zone 21 : Puits producteurs BRA 02
- Zone 22 : Unité de traitement CPF (canalisation de soutirage d'huile Séparateur HP et ligne de tête d'un séparateur HP).
- Zone 23 : Transformateur, Unité d'optimisation CPF (ligne de tête de la colonne DA4501, ligne de soutirage colonne DA4501, ligne d'alimentation en gaz du ballon d'aspiration de GBT4501 et ligne de sortie de gaz du ballon FA4503)
- Zone 24 : Pompe d'Expédition CPF
- Zone 25 : Unité d'optimisation CPF (ballon d'huile caloportrice V5001 et chambre de combustion du four F5001)

- Zone 26 : Zone de Stockage (Bac de stockage R1, R2 et R3)
- Zone 27 : Train de Compression HP / TCF
- Zone 28 : Unité TEG TCF (Ligne d'alimentation en gaz HP du ballon d'entrée de l'unité TEG)
- Zone 29 : Utilité gaz Zina TCF (canalisation d'alimentation en gaz de Zina).

Toutes les données et informations sur ces zones sont disponibles dans les ANNEXES.
[13]

3.3 Analyse des dangers de l'ensemble du site Rhourde El baguel

À partir de l'analyse des zones à risques, nous avons identifié les dangers spécifiques associés à chaque secteur, leurs sources génératrices, ainsi que leurs conséquences potentielles sur l'environnement.

Zones de risques	Risques	Origine du risque	Impact sur l'environnement
Zone 22 -	-Feu Torche -Feu de Nappe -Explosion UVCE	-Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement	-Pollution de l'atmosphère (dégagement des fumés) - Pollution du sol (déversement de brut) Génération des déchets
Zone 23	-Feu Torche -Feu de Nappe -Explosion UVCE -Boule de Feu -Incendie	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement et court circuit	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) - Pollution du sol (déversement de brut) - Génération des déchets
ZONE 24	Feu Torche Feu de Nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) - Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.

Zone 25	Feu Torche Feu de Nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) - Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 26	Feu de cuvette Boil over	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement qui engendre un incendie généralisé.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) - Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 27	Feu de torche Explosion UVC	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Génération des déchets.
Zone 28	Feu de torche Explosion UVC	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère (dégagement des fumés) -Génération des déchets.
Zone 29	Feu de torche Explosion UVC Boule de feu	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère (dégagement des fumés) -Génération des déchets.
Zone 01	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 02	Feu de torche Feu de nappe	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des

	Explosion UVCE	dans l'équipement.	fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 03	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 04	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 05	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 06	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 07	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 08	Feu de torche Feu de nappe	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des

	Explosion UVCE	dans l'équipement.	fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 09	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 10	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 11	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 12	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 13	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 14	Feu de torche Feu de nappe	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des

	Explosion UVCE	dans l'équipement.	fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 15	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 16	BLEVE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Génération des déchets.
Zone 17	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 18	BLEVE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Génération des déchets.
Zone 19	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 20	Feu de torche Feu de nappe Explosion UVCE	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture dans l'équipement.	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
Zone 21	Feu de torche Feu de nappe	Perte de confinement de gaz ou de brut suite à une rupture	- Pollution de l'atmosphère(dégagement des

	Explosion UVCE	dans l'équipement.	fumés) -Pollution du sol (déversement de brut) et Génération des déchets.
--	----------------	--------------------	--

Tableau 3.1 Les zones de risque du site Rhourde El baguel**Interprétation du tableau**

L'étude des tableaux analytiques, des observations in situ et des retours d'expertise a mis en évidence la présence systématique de risques industriels majeurs qui confirment que chaque zone comporte des risques critiques tels que les explosions de type BLEVE ou UVCE, générateurs de dommages écologiques notables.

3.4 Localisation et classement des risques

Suite à l'identification des zones à risque, nous détaillerons pour chaque secteur les matières premières utilisées ainsi que les risques spécifiques liés aux activités qui y sont exercées.

Sur le Tableau III.2, une analyse détaillée des risques liées à l'activité de chaque secteur.

Tableau III.2 : Localisation et classement des risques.

Zones	Activités	Matière première	Incendie	Explosion	Diffusion produits toxiques	Pollution
22	Unité de traitement CPF (canalisation de soutirage d'huile et ligne de tête d'un séparateur HP)	Huile puis gaz	X	X	X	X
23	Transformateur, Unité d'optimisation CPF (ligne de tête de la et de soutirage colonne DA4501, ligne d'alimentation en gaz du ballon d'aspiration de GBT4501 et ligne de	Gaz gaz (73% méthane + 18% éthane + 9% propane), Brut stabilisé et non stabilisé, Huile de transfo	X	X	X	X

	sortie de gaz du ballon FA4503)					
24	<i>Pompe d'Expédition CPF</i>	Brut assimilé à : - du n-hexane pour la phase liquide ; - un mélange de 73% de méthane, 18% d'éthane, de 9% de propane pour la phase gaz	X	X	X	X
25	<i>Unité d'optimisation CPF (ballon d'huile caloportrice V5001 et chambre de combustion du four F5001)</i>	Huile caloportrice(Dipheny lethane et polyalkylbenzene) Gaz (Mélange stoechiométrique méthane/air)	X	X	X	X
26	<i>Zone de Stockage (Bac de stockage R1, R2 et R3)</i>	Brut	X	X	X	X
27	<i>Train de Compression HP / TCF</i>	Gaz HP (de l'ordre de 200bar)	X	X	X	X
28	<i>Unité TEG TCF (Ligne d'alimentation en gaz HP du ballon d'entrée de l'unité TEG)</i>	Gaz HP (73%méthane, 18% éthane, 9% propane)	X	X	X	X
29	<i>Utilité gaz Zina TCF (canalisation d'alimentation en gaz de Zina)</i>	Gaz de Zina	X	X	X	X
01	<i>Manifold Plant</i>	Brut	X	X	X	X
02	<i>Puits producteurs RB 24/36/81 et puits injecteurs RB77</i>	Brut et gaz HP	X	X	X	X
03	<i>Puits producteurs RB</i>	Brut				

	53/54		X	X	X	X
04	Puits producteur RB 19/25/41/44/66/74/ 80	Brut	X	X	X	X
05	Manifold Nord, Puits producteurs RB 40/78 et puits injecteurs RB73	Brut et gaz HP	X	X	X	X
06	Puits producteurs RB 12/63et puits injecteurs RB 68/71	Brut et gaz HP	X	X	X	X
07	Puits producteurs RB 34/39/43/55/59/60/72	Brut	X	X	X	X
08	Puits producteurs RB 35/58/79	Brut	X	X	X	X
09	Puits producteurs RB 42/75/67/76	Brut	X	X	X	X
10	Puits producteurs RB 33/49/8/50/70	Brut	X	X	X	X
11	Puits injecteurs RB 38/61/62	Brut	X	X	X	X
12	Puits producteurs RB 18/52 et puits injecteurs RB 48/56	Brut et gaz HP	X	X	X	X
13	Manifold Sud et Puits producteurs RB 7B/37/57/82 et puits injecteur RB15	Brut et gaz HP	X	X	X	X
14	Magasin de stockage Sud- Est (Produits Chimique) et Puits producteurs RB 64Bis/45/47/85	Divers produits chimique et brut	X	X	X	X
15	Puits producteurs RB 26/46/65 et puits injecteur RB69	Brut et gaz HP	X	X	X	X
16	Cuve en propane BV N°01 SH	Propane	X	X	X	X

17	Puits producteurs RB 83	Brut	X	X	X	X
18	Cuve en propane BV N°02 SH	Propane	X	X	X	X
19	Manifold BRA, Puits producteurs BRA 01/06	Brut	X	X	X	X
20	Puits producteurs BRA 03/05/08	Brut	X	X	X	X
21	Puits producteurs BRA 02	Brut	X	X	X	X

Tableau 3.2 Localisation et classement des risques.**Interprétation :**

La dangerosité des matières premières présentes sur le site (pétrole, gaz, propane) classe toutes les zones en alerte maximale, avec un risque avéré de scénarios catastrophiques comme : explosion de type BLEVE et incendies incontrôlés.

3.5 Plan d'intervention

Après avoir identifié les principaux risques présents sur le site, à savoir les incendies et les explosions, nous allons maintenant détailler les mesures d'urgence à mettre en œuvre en cas d'accident majeur, ainsi que les procédures de secours aux blessés.

3.5.1 Interventions incendie

- S'assurer de la mise en marche des pompes anti-incendie.
- S'assurer que les rideaux d'eau des équipements avoisinants sont en marche
- Suivant les consignes du PCO/PDOL mettre en place un stratège d'attaque
- Préparer les moyens nécessaires pour l'extinction
- Demander les moyennes logistiques si nécessaire
- Mettre en place l'équipe d'intervention en prenant en considération le sens de vent et les distance d'effets
- Attaque les feux sans mettre en danger les intervenants.

En collaboration avec PCO refroidir les équipements alentours pour éviter des effets domino. [13]

3.5.2 Intervention de sauvetage

- Mise en place des ARI si nécessaire.
 - Communication avec l'ensemble de l'équipe.
 - Evacuer en dehors de la zone à risque, au niveau du chargement des ambulances, les personnes blessées visibles.
 - Demander au PCO le nombre des personnes manquantes aux points de rassemblements et comparer aux nombres de blessés sur sites à évacuer.
 - Si conditions nocturnes, mettre en place un éclairage ATEX.
 - Lancer les recherches des personnes manquantes.
 - Désincarcérer les personnes bloquées.
 - Procéder aux sauvetages en milieu dangereux.
 - Travailler en collaboration avec le PCO pour évacuer la zone si le PCO l'ordonne.
- [13]

3.5.3 Intervention médicale

- Se préparer à concevoir de multiples blessés
- Définir la priorité de prise en charge des blessés en fonction du niveau de gravité de leurs blessures
- Evaluer les besoins immédiats (ou dans le futur proche) en les transférant vers les centres hospitaliers les plus proches
- Demander au PDOI d'organiser les moyens logistiques pour gérer ces transferts
- S'occuper des blessés sur place et stabiliser ceux nécessitant un transfert
- Rester mobiliser jusqu'à la fin de l'intervention. [13]

3.5.4 Intervention opérationnelle (XP)

- S'assurer de la fermeture des puits.

- Arrêter la production et expédition.
- Isoler le processus du bac sinistré
- Alerter la Sécurité et la hiérarchie.
- Préparer l'arrivée et l'intervention des équipes d'intervention
- Travailler en dehors de la zone de risque (2.5 kW/m² ou 25 mbar)
- Evacuer la zone si PCO ou le chef équipe incendie l'ordonne
- Une fois l'incendie éteint et l'ensemble des installations refroidies, procédé au ramassage et à la récupération de l'huile (camions de sable et camion vacuum.

3.6 Conclusion

Ce chapitre présente les résultats d'une **étude approfondie des zones dangereuses** au sein du site **Rhourde El baguel**, réalisée en collaboration étroite avec les ingénieurs terrain. Notre investigation a permis :

1. Cartographie des risques :

- ❖ Identification et caractérisation de **22 zones critiques** réparties sur l'ensemble du site de **Rhourde El baguel**
- ❖ Pour chaque zone :
 - Sources de danger clairement documentées
 - Scénarios de risques spécifiés

2. Catégories des risques majeurs :

- ❖ **Explosions :**
 - BLEVE (Explosion de réservoirs sous pression)
 - UVCE (Explosion de nuages de vapeur)
- ❖ **Incendies majeurs**

Cause commune : **Perte de confinement** des fluides (gaz/hydrocarbures) due à :

- Défaillances matérielles
- Ruptures d'équipements

3. Conclusions alarmantes :

- ❖ Toutes les zones analysées présentent un **potentiel catastrophique**
- ❖ Nécessité impérieuse de mesures préventives et curatives

4. Approche méthodologique :

- ❖ Intégration systématique d'un **volet opérationnel** dans notre étude :
 - Procédures d'intervention d'urgence
 - Mesures de mitigation des conséquences
 - Protocoles de sécurisation post-accident

Cette analyse démontre l'impérieuse nécessité d'une **gestion proactive des risques**, combinant :

- Surveillance continue des équipements
- Formation renforcée du personnel
- Mise en place de protocoles d'intervention rapide

Cette étude sert de base scientifique pour le développement de nos recommandations en matière de sécurité industrielle, présentées dans les chapitres suivants.

CHAPITRE 4

Etude technique de réseau anti incendie

4.1 Introduction

La prévention et la lutte contre les incendies dans les installations de stockage de produits pétroliers exigent des dispositifs techniques fiables et conformes aux standards internationaux.

Le réseau incendie, en tant que système de première ligne de défense, doit être rigoureusement conçu pour garantir une protection efficace des bacs de stockage, des cuvettes de rétention et de l'ensemble des équipements à risque

Ce chapitre présente une étude technique détaillée du réseau incendie mis en place sur le site étudié. Cette étude s'organise autour de quatre axes principaux. Dans un premier temps, les spécifications du réseau seront décrites : type de réseau, caractéristiques des conduites, postes de pompage, points d'attaque, systèmes de dosage de mousse, ainsi que les performances en termes de pression et de débit.

La seconde partie portera sur les références normatives, avec un focus particulier sur les normes de la NFPA telles que NFPA 11 (mousse), NFPA 20 (pompes incendie), et NFPA 24 (conduites enterrées), afin d'établir les exigences techniques à respecter.

Ensuite, une étude comparative permettra de confronter les capacités actuelles du réseau aux prescriptions normatives, afin d'identifier les écarts ou les insuffisances pouvant compromettre l'efficacité du système de protection incendie.

Enfin, la dernière partie sera consacrée aux calculs des besoins en eau et en émulseur, appliqués à deux scénarios représentatifs :

Un incendie sur le bac R1, nécessitant l'activation du système mousse et le refroidissement des installations voisines.

Un feu de cuvette de rétention, impliquant une réponse rapide par mousse de type AFFF

Un feu de toit du bac R1, nécessitant une application ciblée de mousse sur la toiture flottante

Cette démarche méthodologique vise à évaluer la fiabilité du réseau incendie en place, tout en proposant des recommandations techniques pour renforcer la sécurité du site

4.2 Première section :Spécifications du réseau anti incendie de REB :

4.2.1 Ressources en eau et en mousse

Le réseau incendie est un réseau dit « maillé », qui comprend un circuit d'eau et un circuit mousse.

4.2.1.1 Circuit eau

Le site d'exploitation REB récupère l'eau depuis la nappe phréatique (nappe Albien) dans un bac de 9571 m3 dédié à la protection contre les incendies et un bac de 5700 m3 dédié à l'eau utilité.

Une grande partie du réseau incendie a été rénovée et améliorée durant l'année 2002. [14]

4.2.1.1.1 Bac d'eau incendie T3201

Avec un volume de 9571 m3 Le bac d'eau incendie T3201 est alimenté directement à partir du puits Méo pliocène ou de l'Albien l'objectif primordial est de fournir de l'eau en grande quantité à l'ensemble des installations de CPF&TCF et surtout pour le réseau d'eau incendie afin de palier à n'importe qu'elle urgence en matière de sécurité. [14]

Le Bac T3201 alimente aussi le réseau d'eau de service utilisée pour les besoins de nettoyage des installations (certains équipements, plateforme etc..) ainsi que les salles de contrôle de TCF et

CPF. [14]



Figure 4.1 Bac d'eau incendie T3201

4.2.1.1.2 Sécurité

Le contrôle du niveau du Bac T3201 est lié au système de DCS et peut être suivi à partir de la salle de contrôle : LI-2058.

Le haut niveau est situé à 96,7%. Dans ce cas la vanne d'admission du bac (LV2058) se ferme.

A 85,2% de niveau la vanne d'alimentation (LV2058) s'ouvre[14]

4.2.1.1.3 Bac d'eau utilité FB4501

L'ancien bac incendie est alimenté aussi à partir du puits méo pliocène ou de l'Albien sa capacité de stockage est de 5700m3 dédié actuellement à l'eau utilité avec une possibilité de l'utilisé comme bac d'eau incendie en cas de besoin. [14]



Figure 4.2 Bac d'eau FB-4501

4.2.1.2 Circuit mousse :

Le nouveau circuit mousse a été mis en place durant l'année 2002:

- 01 pompe d'émulseur (entraînée par turbine à eau sur réseau incendie).
- 03 bacs de 1 m3 d'émulseur AFFF chacun (avec possibilité de raccorder d'autres en parallèle).
- 10 générateurs/déversoirs de mousse par bac de stockage de brut.
- La quantité globale d'émulseur AFFF disponible, est de 35 m3. [14]

4.2.2 Moyen de pompage

- En situation normale, le réseau anti-incendie est maintenu en pression (8 bar) au moyen de deux pompes jockey ayant un débit de 57 m³/h. [14]



Figure 4.3 Pompes jockey P3202A/B

- En situation d'alerte, le réseau anti-incendie est alors alimenté par 2 pompes électriques avec un débit de 500 m³/h chacune.



Figure 4.4 Pompes électriques P3201A/B

- En cas de défaillance des pompes électriques, un groupe diesel prend le relais, assurant la fourniture d'un débit d'eau total de 1000 m³/h



Figure 4.5 Pompe diesel P3201C

4.2.3 Paramètre physique et organisationnels du réseau anti incendie :

Tableau 4.1 Tableau paramètre de réseau anti incendie [15]

Pression du réseau	08 bars en permanence, 13 bars en service
Type	Réseau maillé englobant l'ensemble du site
Matériau	Tuyauterie en acier au carbone
Protection cathodique	Reliée, couvrant l'ensemble du réseau
Disposition	Aérien et enterré aux passages
Bac incendie	02 Bacs Capacité : 15271 m3

4.2.4 Distribution de l'eau et la mousse :

1. Extinction par eau et mousse

Moyens	Nombre	Débit en l/mn ou capacité en m3	Localisation
Lances monitors fixe	44	16666 l/mn	CPF et TCF «interne »
Canons fixe mixtes eau/mousse	06	16666 l/mn	CPF «interne »
couronnes de refroidissement	03	/	«interne »
bac de stockage d'eau de protection contre incendie	01	9571 m3	Nord-est du CPF «interne »
Canons fixe mixtes eau/mousse	06	16666 l/mn	CPF «interne »

Lances-Canons tractables mixtes (Eau + Mousse);	06	/	CPF «interne »
---	----	---	----------------

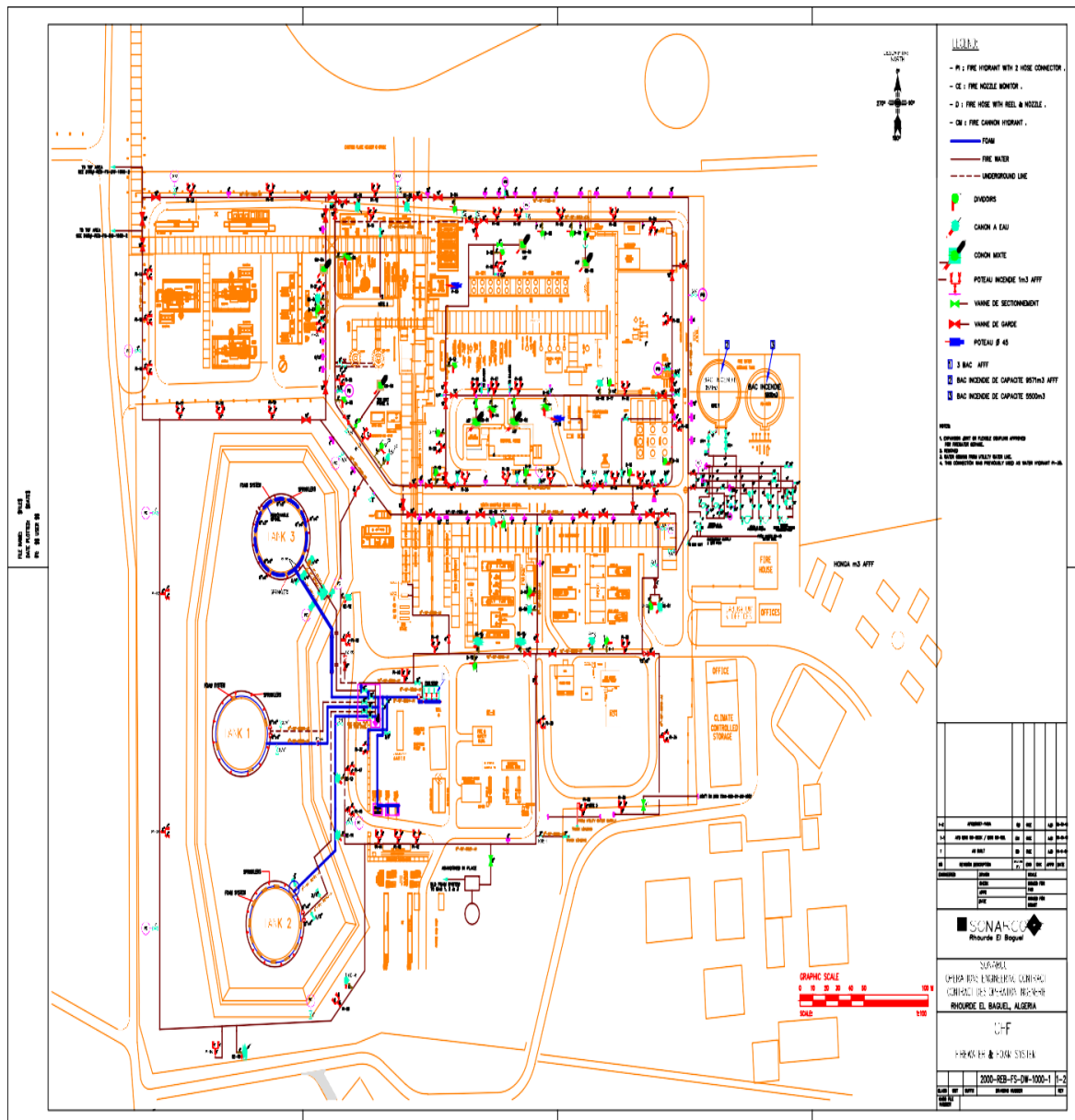


Figure 4.6 plane de réseau anti incendie de champ REB[15]

4.3 Deuxième section : normes et références ;

On trouve de nombreux standards et codes internationaux qui traitent le dimensionnement des installations fixes de lutte contre l'incendie. On peut citer notamment les normes NFPA (National Fire Protection Association

Pourquoi choisir les normes NFPA ? :

Le choix des normes NFPA (National Fire Protection Association) dans les projets industriels, notamment en matière de sécurité incendie, repose sur plusieurs raisons fondamentales. Ces normes sont reconnues internationalement pour leur rigueur technique, leur mise à jour régulière et leur pertinence dans la prévention et la maîtrise des risques liés aux incendies et aux explosions.

4.3.1 Référence internationale éprouvée :

Les normes NFPA sont adoptées dans de nombreux pays comme standards techniques dans les installations à risques, en particulier dans les secteurs pétrolier, chimique, énergétique et logistique. Elles s'appuient sur des décennies d'expérience, d'accidents analysés et de retours d'expérience issus du terrain.

4.3.2 Complétude et spécialisation des normes NFPA

L'un des points forts des normes NFPA réside dans leur approche sectorielle et ciblée, ce qui leur confère à la fois complétude et spécialisation.

Chaque norme se concentre sur un aspect bien défini de la sécurité incendie ou des risques industriels. Cette structuration permet aux ingénieurs, aux installateurs et aux inspecteurs de se référer à un cadre technique précis, sans confusion ni chevauchement de compétences.

Ainsi, en combinant plusieurs normes (par exemple, NFPA 11 pour la mousse, NFPA 20 pour les pompes, NFPA 22 pour les réservoirs d'eau, etc.), on peut concevoir un système de sécurité incendie global, cohérent et parfaitement normé.

4.3.2.1 NFPA 11 –Norme sur les systèmes de mousse à basse, moyenne et haute expansion

La NFPA 11 établit les exigences pour la conception, l'installation, le fonctionnement et la maintenance des systèmes de mousse à expansion basse, moyenne et haute. Ces systèmes sont utilisés pour contrôler et éteindre les incendies de liquides inflammables, notamment dans les réservoirs de stockage, les bacs de rétention, les cuvettes, les dépôts pétroliers et les installations chimiques.

Elle définit également les types d'émulseurs, les calculs de quantité de mousse, les réseaux d'alimentation, les densités d'application et les configurations des générateurs.

4.3.2.2 NFPA 15 – Norme pour les systèmes de pulvérisation d'eau à usage fixe pour la protection contre l'incendie

La NFPA 15 traite des systèmes fixes de pulvérisation d'eau destinés à protéger des équipements exposés à des risques thermiques (turbines, pompes, vannes, transformateurs, citernes, etc.).

Contrairement aux sprinklers, ces systèmes projettent de l'eau en brouillard dense sur des surfaces précises afin de refroidir ou d'isoler les éléments exposés.

Elle précise les types de buses, les pressions de fonctionnement, les zones de couverture et les essais de mise en service.

4.3.2.3 NFPA 20 – Norme pour l'installation de pompes stationnaires pour la protection contre l'incendie

La NFPA 20 encadre l'installation des pompes fixes à incendie, qu'elles soient motorisées électriquement, au diesel ou à vapeur. Ces pompes assurent le débit et la pression nécessaires à l'alimentation des systèmes de lutte contre l'incendie (mousse, sprinklers, colonnes sèches, etc.).

La norme traite des critères de performance hydraulique, des dispositifs de démarrage automatique, de la ventilation, du dimensionnement des conduites, et des exigences de maintenance.

4.3.2.4 NFPA 22 – Norme pour les réservoirs d'eau destinés à la protection contre l'incendie

La NFPA 22 concerne les réservoirs d'eau dédiés à l'alimentation des systèmes de protection incendie. Elle couvre la conception, l'installation et l'entretien des citernes métalliques, bétonnées ou surélevées.

La norme spécifie les capacités minimales, les dispositifs de remplissage, les systèmes antigel, la protection contre la corrosion et les dispositifs de surveillance du niveau.

4.3.2.5 NFPA 24 – Norme pour l'installation de canalisations privées d'incendie et de leurs accessoires

La NFPA 24 s'applique aux conduites enterrées privées qui relient la source d'eau (réservoir ou réseau municipal) aux systèmes incendie du site (sprinklers, bornes, mousse, etc.). Elle traite des matériaux, de la profondeur de pose, des raccords, des essais de pression, et des vannes de sectionnement.

Cette norme garantit la fiabilité des réseaux souterrains qui assurent la distribution d'eau en cas d'incendie.

4.3.2.6 NFPA 30 – Code des liquides inflammables et combustibles

La NFPA 30 est une norme centrale pour le stockage, la manipulation et le transfert des liquides inflammables et combustibles. Elle définit les classes de liquides selon leur point éclair, les types de réservoirs admissibles, les distances de sécurité, la ventilation, les dispositifs anti-débordement et les exigences en matière de protection incendie.

Elle est essentielle pour concevoir des parcs de stockage conformes et sûrs.

4.3.2.7 NFPA 77 – Recommandations pour la prévention des incendies et des explosions dus à l'électricité statique

La NFPA 77 fournit les lignes directrices pour le contrôle de l'électricité statique, un facteur de risque d'inflammation dans les environnements industriels manipulant des produits inflammables ou combustibles.

Elle traite de la mise à la terre, des matériaux conducteurs, de l'humidité ambiante, de la vitesse de transfert des fluides et des dispositifs de neutralisation électrostatique.

Etude de conformité du réseau anti incendie de la REB

La vérification du réseau de lutte contre l'incendie vise à évaluer la conformité, la disponibilité et l'efficacité des installations de protection incendie présentes dans la zone CPF de REB .

Cette vérification repose sur une analyse des éléments techniques, documentaires et physiques du réseau incendie, en se basant principalement sur les normes NFPA

Méthodologie de vérification

La méthodologie adoptée pour la vérification du réseau de lutte contre l'incendie de la REB du CPF repose sur une approche pratique, réglementaire et comparative, en collaboration avec un ingénieur HSE du site.

Cette démarche s'est déroulée selon les étapes suivantes :

- Inspection visuelle sur le terrain, réalisée avec l'assistance d'un ingénieur du site. Cette visite a permis d'observer l'état des équipements incendie, leur emplacement, leur accessibilité et leur fonctionnement apparent (réservoirs, pompes, réseau enterré, systèmes de mousse, etc.).
- Lecture et analyse des spécifications techniques du réseau incendie du site, y compris les plans d'implantation, fiches techniques des équipements et schémas
- Comparaison des installations avec les exigences des normes NFPA

Les points à vérifier sont :

- Réseau maille
- Réserve d'eau
- Système a mousse
- Pompes
- Poteaux incendie
- Lances monitors
- Cuvette de rétention... etc.

Documents de références :

La norme NFPA 11, 15, 20, 24, 30,77 et 600 version 2007

Réalisation de tableau

Point vérifié	Exigence normative (NFPA)	État constaté (REB)	Conformité	Commentaire technique
Réseau maillé	NFPA 24 5.1.3 : Recommandé pour garantir la redondance	Réseau maillé existant sur tout le CPF & TCF	Oui	Bonne fiabilité hydraulique.
Réserve d'eau incendie principale	NFPA 22 4.1.2 : Capacité suffisante pour au moins 60 à 90 minutes, voire 4 h à 12 h selon le risque (réservoirs hydrocarbures = 4 h)	9571 m³ dans le bac T3201, alimenté par nappe Albien	Oui	Volume suffisante pour >12h de intervention
Surveillance des niveaux d'eau	NFPA 22 14.2 : Dispositif de contrôle de niveau obligatoire.	Capteur de niveau connecté au DCS : LI-2058, avec vanne LV2058 automatique.	Oui	Automatisation assurée
Réserve d'eau	NFPA 22 4.1.4 : Réserve secondaire recommandée	Réserve d'eau utilité (FB4501) 5700 m³ dédiés à l'eau utilité mais utilisable en cas d'urgence incendie.	Oui	Possibilité de basculement.

Type d'émulseur	NFPA 11 6.2 : AFFF ou FP, avec concentration validée selon le type de liquide inflammable	AFFF utilisé	Oui	Accepté. pour meilleure efficacité et rapidité (surtout pour hydrocarbures légers)
Capacité réserve de mousse	NFPA 11 4.5 : Quantité suffisante pour couvrir le scénario le plus défavorable	35 m³ constatés	Non	Calcul montre besoin de 41.6 m³ pour extinction complète (feu cuvette). Extension nécessaire.
Déversoirs de mousse pour la cuvette de rétention	NFPA 11 5.6.3 : Obligation de couvrir les cuvettes avec un système fixe de mousse ou canon dédié	Non présents	Non	Installer déversoirs de mousse pour meilleur efficacité
pompes jockey	NFPA 20 4.20 : Maintien pression réseau (≥ 7 bars).	2 pompes jockey (57 m³/h), pression réseau : 8 bars.	Oui	Bonne pression de veille. Démarrage automatique
Pompes principales (électriques)	NFPA 20 4.18 : Capacité à assurer le débit incendie complet.	2 x 500 m³/h (total 1000 m³/h).	Oui	Débit suffisant pour couverture simultanée mousse + eau
Pompe de secours (diesel)	NFPA 20 6.4 : Système de secours obligatoire	1 groupe diesel (1000 m³/h)	Oui	Redondance efficace.

Poteaux incendie DN100	NFPA 24 7.2.1 : Positionnés à intervalles réguliers, accessibles, pression suffisante.	91 poteaux DN100 répartis sur le site.	Oui	Bonne couverture du site.
Poteaux incendie	NFPA 24 7.1.1 : Doivent être installés à un espacement maximum de 90 m dans les zones industrielles.	91 PI espacés tous les 120 m	Non	Ajouter des PI pour respecter un espacement de 90 m max.
Lances monitors d'eau	NFPA 15 6.2.3 : Nécessaires pour des jets puissants, surtout en zones à risques élevés.	44 lances monitors installées.	Oui	Distribution correcte.
Canons mixtes eau/mousse	NFPA 11 5.5.4 : Recommandés pour feux hydrocarbures ; doivent couvrir le diamètre total de la zone protégée.	5 canons fixes installés.	Oui	Idéal pour attaques sur feux de rétention.
Mise à la terre	NFPA 77 : Obligatoire pour éviter les charges électrostatiques.	Présente	Oui	Sécurité passive essentielle
Cuvette de rétention	NFPA 30 22.11.1 : Capacité $\geq 110\%$ du plus grand bac	Présente . : $>110\%$ du bac mais Fond en sable, pas de revêtement béton ni membrane	Non	Volume largement suffisant pour confinement de fuite ou incendie. Prévoir la mise en œuvre d'un radier béton

Formation et exercices	NFPA 600 chap. 5 & 7 : - Formation continue du personnel en sécurité incendie	Exercices hebdomadaires chaque vendredi, basés sur des scénarios concrets	oui	Bonne pratique.
------------------------	---	--	-----	-----------------

Interprétation de tableau :

Le réseau de protection incendie du site présente une structure globale bien conçue et des performances satisfaisantes. Toutefois, pour atteindre une conformité totale aux exigences des normes NFPA, notamment la NFPA 11, certaines améliorations techniques doivent être envisagées. Ces ajustements, bien que ponctuels, sont essentiels pour renforcer l'efficacité du système de lutte contre l'incendie et garantir une sécurité optimale des installations. Leur mise en œuvre permettra non seulement d'assurer une meilleure réactivité en situation d'urgence, mais aussi de prévenir efficacement les risques majeurs liés aux incendies industriels.

Le choix des Scenarios le plus Pénalisant :

Le scénario le plus pénalisant nous informe sur les paramètres qui sont considérés lors de l'accident selon le schéma le plus probable et graves. Généralement le choix du scenario le plus pénalisant est basé sur une analyse des risques, notre étude de danger EDD du site nous permet d'extraire selon leurs niveau de risque (probabilité*gravité) le scenario le plus pénalisant suivants :

A1. Le premier scenario « Feu de bac » :

Ce scenario n'est pas mentionné dans l'étude de danger mais il est considéré comme la phase initiale du BOIL-OVER (le scenario le plus défavorable dans le domaine de stockage des hydrocarbures liquides). [12]

A.2. Le deuxième Scenario « Feu de Cuvette » :

La perte de confinement d'un bac de stockage dans la cuvette de rétention qui peut engendrer un Feu de Cuvette en cas d'ignition. [12]

A.3. Troisième Scénario : Feu de Toit de Bac

Ce scénario correspond à l'embrasement localisé du toit flottant ou fixe d'un bac, généralement dû à la formation de vapeurs inflammables dans la zone de dégazage ou à une étincelle (foudre, travaux à chaud)

A.3. Les effets du scénario :

Les scénarios d'accidents retenus peuvent conduire à des phénomènes physiques tels que : la toxicité, onde de surpression, flux thermique, effet missile.

4.4 Troisième section application numérique :**4.4.1 Calcule de quantité d'eau et d'émulseur nécessaire pour la zone de stockage brut de REB :**

Scénario 1 : Incendie du bac R1 (situé entre les deux autres bacs)

- Le besoin en émulseur est destiné à la fabrication de mousse pour l'extinction du feu, avec une intervention à l'intérieur du bac via les chambres à mousse.
- Le besoin en eau est nécessaire pour la fabrication de mousse d'intervention et pour le refroidissement des bacs voisins R2 et R3.

Scénario 2 : Déversement complet de brut au niveau du bac R1 et feu de cuvette de rétention

- Le besoin en émulseur est requis pour la fabrication de mousse à appliquer rapidement sur le feu de la cuvette de rétention.
- Le besoin en eau est nécessaire pour générer la mousse d'intervention et pour le refroidissement du bac R1, afin d'éviter une aggravation du sinistre.

Scénario 3 : Feu de toit flottant du bac R1

- L'extinction est assurée par de la mousse à expansion faible (AFFF) pour étouffer les vapeurs et isoler le combustible de l'oxygène. Projetée sur le toit en feu via des générateurs fixes.
- L'eau est utilisée pour alimenter le système mousse et pour refroidir les bacs R1, R2 et R3, afin d'éviter la propagation du feu et les dommages thermiques.



Figure 4.7 zone de stockage

4.4.2 Scenario 1

- **Feu de bac R1**

- ❖ La Surface du bac R1 = **1310,22 m²**
- ❖ Le taux d'application pour l'extinction bac flottant d'après la norme NFBA 11 est **4,1 L /min.m²**
- ❖ Le taux d'application pour le refroidissement : d'après la norme NFBA 11 est **2.11 L /min.m²**
- ❖ La concentration d'émulseur : **6 %** d'après la qualité d'émulseur
- ❖ La durée d'extinction d'après NFPA 11 est **20 min**
- ❖ La durée de refroidissement on prend **65 min**

La quantité de mousse nécessaire pour 1 mn:

Volume de mousse = (Surface du bac × Le taux d'application)

$$1310,22 \times 4,1 = 5371.902 \text{ litres/min}$$

La quantité en émulseur pour 1 mn:

Quantité d'émulseur = (6% × solution eau émulseur)

$$5371.902 \times 0.06 = 322.31/\text{min}$$

La quantité en émulseur pour 20 mn:

$$20 \times 322.31 = 6446,2 \text{ litres} = 6,44 \text{ m}^3$$

La quantité en émulseur nécessaire pour le fonctionnement des chambres à mousse de Bac R 1 est :

$$6446.2 \text{ litres d'émulseur} = 6,44 \text{ m}^3$$

4.4.2.1 Le débit minimal de chaque chambre à mousse (bac R1):

Le nombre des chambres qu'ils seront installés au niveau de bac de stockage R1

$$\text{Nbre} = 5371.492 / 500 = 10. \text{ Chambre à mousse}$$

N.B : 500 l/minute c'est le débit optimal de chaque chambre à mousse selon leur fiche technique avec une pression de 8.95 bar.

Le débit minimal des chambres à mousse (bac R1):

$$\text{V. mousse} = 5371,492 \text{ litres/min} = 5,37 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$5,37 \text{ m}^3/\text{min} = 322,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le bac contient 10 chambre a mousse donc Le débit minimal de chaque cambre a mousse :

$$322.3 / 10 = 32,23 \text{ m}^3/\text{h}$$

4.4.2.2 Quantité d'eau nécessaire pour l'extinction (extinction à mousse) :

Quantité d'eau nécessaire pour l'extinction =

La solution eau émulseur en litres pour une minute $\times 94\% \times$ la durée de l'extinction (20 min).

$$5371.902 \times 0.94 \times (20) = 100991,758 \text{ L} = 100,99 \text{ m}^3$$

La quantité d'eau nécessaire pour l'extinction : **100,99 m³**

4.4.2.3 Quantité d'eau nécessaire pour le refroidissement des bacs voisins dans 65 min:

Les installations voisines Bacs **R2** et **R3**:

Quantité d'eau = (surface latérale du bac $\times 2 \times$ taux d'application $\times 65$)

D'après la norme **NFPA 15**, Le taux d'application = 2.11 L/mn.m^2

$$C = \pi * D = 3.14 * 40 = 125.6 \text{ m} / H = 15.465 \text{ m}$$

$$\text{Surface latérale totale du bac} = \pi * D * H \quad H = 15.465 \text{ m}$$

$$= 1942,404 \text{ m}^2$$

$$\text{Débit d'eau requis} = 125.6 \text{ m} * 15.465 \text{ m} * 2.1 \text{ l/min/m}^2 = 4011.52 \text{ l/min}$$

$$\text{Nombre des sprinkler alors égale } 4011.52 / 48 = 86 \text{ unité}$$

Quantité d'eau nécessaire pour le refroidissement des bacs R2 et R3 :

$$1942,404 \times 2.11 \times 65 \times 2 = 532801.41 \text{ L} = 532,8 \text{ m}^3$$

$$\text{La quantité d'eau de refroidissement} = 532,8 \text{ m}^3$$

4.4.2.4 La quantité d'eau nécessaire de REB selon le scenario 1 :

Eau d'extinction + eau de refroidissement.

$$532,8 + 100,99 = 633,79 \text{ m}^3$$

La quantité d'eau nécessaire pour le scenario 1

$$633.79 \text{ m}^3$$

4.4.3 Scenario 2

Incendie de la cuvette de rétention du bac R1

Tableau 4.2 Incendie de la cuvette de rétention du bac R1

Référence cuvette	Longueur	Largeur	Hauteur	Superficie	Volume
Cuvette de rétention bac R1	104 m	72 m	75 m	6600 m ²	17160 m ³

La Surface de la cuvette de rétention sans la surface du bac R1

$$= R1 = (72 + 104) * 75 / 2 = 6600 \text{ m}^2$$

Surface de réservoir est : 1257 m²

- Donc la surface de la cuvette de rétention est : 6600 - 1257 = 5343 m²

Le taux d'application proposé : d'après la norme NFBA 11 est 6.5 L / min.m²

La concentration d'émulseur : **6 %** d'après la qualité d'émulseur

On prend la durée d'extinction **20 min**

La durée de refroidissement **60 min**

4.4.3.1.1 Calcule de quantité de mousse nécessaire pour l'extinction de la cuvette dans 20min :

La quantité de mousse = Surface de la cuvette de rétention × Le taux d'application × 20 min

$$(5343 \times 6.5 \times 20) = 694590 \text{ L}$$

4.4.3.1.2 Calcule de la quantité d'émulseur pour l'extinction de la cuvette :

Quantité d'émulseur = (6% de la solution eau émulseur)

$$694590 \times 0.06 = 41675.4 \text{ L}$$

$$= 41,675 \text{ m}^3$$

4.4.3.1.3 Quantité d'eau nécessaire pour l'extinction de la cuvette (extinction à mousse) :

Quantité d'eau nécessaire pour l'extinction = (94% de La solution eau émulseur)

$$694590 \times 94\% = 652914.6 \text{ L}$$

$$= 652.91 \text{ m}^3$$

Quantité d'eau nécessaire pour le refroidissement des installations voisines :

Les installations voisines Bacs **R3 et R2**

Quantité d'eau = (surface latérale du bac × taux d'application × le temps de refroidissement)

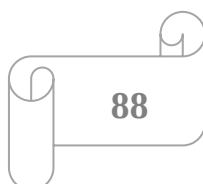
D'après la norme **NFPA 15**, Le taux d'application = 2.11 L/mn.m^2

Calcul de circonférence de bac : $C = \pi * D = 3.14 * 40 = 125.6 \text{ m}$

Surface latérale totale du bac = $1942,404 \text{ m}^2$

Quantité d'eau nécessaire pour le refroidissement des bacs R2 et R3 :

$$1942,404 \text{ m}^2 \times 2.11 \times 60 \times 2 = 491714.4 \text{ L} = 491,71 \text{ m}^3$$



La quantité d'eau de refroidissement

$$491,71 \text{ m}^3$$

4.4.3.1.4 La quantité d'eau nécessaire pour le champ de REB selon le scénario 2 :

Eau d'extinction + eau de refroidissement.

$$652.91 + 491,71 = 1144,62 \text{ m}^3$$

La quantité d'eau nécessaire pour le scénario 2

$$1144,62 \text{ m}^3$$

4.4.4 Scénario 3

Incendie de toit flottant du bac R1

La norme NFPA11 Edition 2010, article 5.3.5.3 spécifie les paramètres de conception pour l'application de déversoirs à mousse fixe sur le toit pour protéger les réservoirs à toit flottant ouvert comme suit :

- ❖ Taux de décharge minimum $T=4.1 \text{ l/min/m}^2$
- ❖ Temps de décharge ou d'extinction sera égale $t= 65 \text{ minutes}$
- ❖ Taux d'application pour le refroidissement est : 2.1 l/min/m^2
- ❖ La concentration d'émulseur : En utilisant une mousse à expansion faible de 3%

La quantité de mousse nécessaire pour 1 mn:

Surface de toit à éteindre x Taux d'application

$$= (20*20)*3.142*4.1=5149.6 \text{ L/min}$$

Calcule de quantité de mousse nécessaire pour l'extinction de toit dans 65 min

$$5149.6 \text{ l/min} * 65 * 3\% = 10041.72 \text{ L} = 10.04 \text{ m}^3$$

Quantité d'eau nécessaire pour l'extinction de toit dans 65 min :

$$5149.6 \text{ l/min} * 65 * 97\% = 324682.9 \text{ L} = 324.682 \text{ m}^3 \text{ D'eau}$$

Quantité d'eau nécessaire pour le refroidissement des installations voisines

Calcul de circonférence de bac : $C = \pi * D = 3.14 * 40 = 125.6 \text{ m} / H = 15.465 \text{ m}$

Volume d'eau total : refroidissement nécessaire pour les 2 bacs voisins de stockage :

$$125.6 \text{ m} * 15.465 \text{ m} * 2.11 \text{ l/min/m}^2 * 65 * 2 = 532,8 \text{ m}^3$$

Tableau 4.3 Comparaison des scenarios :

Élément	Scénario 1 (Feu de bac R1)	Scénario 2 (Feu de cuvette R1)	Scénario 3 (Feu de toit R1)
Émulseur nécessaire	6,44 m ³	41,675 m ³	10.04 m ³
Eau pour extinction	100,99 m ³	652.91 m ³	324.682 m ³
Eau pour refroidissement	532,8 m ³	491,71 m ³	532,8 m ³
Total Eau nécessaire	633,79 m ³	1144,62 m ³	857, 4 m ³

L'étude des trois scénarios d'incendie (feu de bac, feu de cuvette, feu de toit flottant) montre des besoins variables en ressources d'extinction. Le feu de cuvette (scénario 2) est le plus critique, avec plus de 1144 m³ d'eau et 41,7 m³ d'émulseur nécessaires.

Le feu de bac (scénario 1) requiert surtout de l'eau pour le refroidissement des bacs voisins (532,8 m³), tandis que le feu de toit (scénario 3) demande une quantité intermédiaire de ressources.

Cette comparaison souligne l'importance de prévoir des capacités suffisantes en eau et émulseur, adaptées à chaque type de sinistre.

4.5 Recommandations techniques

À la suite de l'analyse du réseau incendie et des trois scénarios d'incendie étudiés, les améliorations suivantes sont recommandées pour assurer une **protection optimale** et une **conformité complète aux normes NFPA** :

1. **Renforcement de la réserve en émulseur :**
La capacité actuelle (35 m³) est insuffisante pour couvrir un feu de cuvette (besoin estimé : 41,7 m³).
2. **Installation de déversoirs fixes pour les cuvettes de rétention :**
Actuellement absents, alors qu'exigés par la NFPA 11.
3. **Mise en conformité des poteaux incendie :**
Espacement actuel : 120 m (norme NFPA : ≤ 90 m).
Ajouter des poteaux pour garantir une couverture continue.
4. **Revêtement de la cuvette de rétention :**
Fond en sable non étanche.
Prévoir un radier en béton ou une membrane résistante au feu.
5. **Pérennisation des exercices et de la formation HSE :**
Bon niveau de pratique (exercices hebdomadaires).
Inclure des scénarios réalistes avec déclenchement du système mousse.

4.6 Conclusion

Le réseau incendie du champ pétrolier de REB présente une **infrastructure robuste** et bien conçue, intégrant :

- Un réseau maillé performant,
- Une double réserve d'eau,
- Des pompes redondantes (électriques et diesel),
- Et une bonne culture HSE sur le terrain.

Toutefois, certaines insuffisances techniques subsistent et peuvent limiter l'efficacité du système en cas de sinistre majeur. Les écarts identifiés (capacité de mousse, déversoirs fixes, revêtement des cuvettes, espacement des PI) doivent être corrigés en priorité.

L'étude des trois scénarios démontre que :

- Le feu de cuvette est le scénario le plus contraignant en ressources,
- Une planification précise des besoins en eau et émulseur est indispensable,
- Le système actuel est globalement fonctionnel, mais nécessite des ajustements ciblés.

Conclusion générale

La maîtrise du risque incendie dans les installations pétrolières représente un enjeu de sécurité majeur, tant pour la protection du personnel que pour celle des équipements et de l'environnement. À travers ce mémoire, nous avons étudié en profondeur la situation du champ pétrolier de Rhourde El Baguel, en adoptant une approche à la fois théorique et pratique.

Premièrement la présentation générale du champ a permis de mieux cerner le contexte industriel, les types d'installations présentes, ainsi que la nature des produits stockés et transportés. Ensuite, les principes de formation du feu et les phénomènes dangereux (effets thermiques, surpressions, projection de produits inflammables) ont été analysés afin de comprendre les scénarios potentiels d'accident.

L'étude du réseau incendie existant a révélé une architecture classique composée de bouches, d'hydrants, de mousseurs et d'alimentation en eau, mais dont la performance devait être évaluée face à des cas réels. Dans ce cadre, une analyse des zones à risque a été menée, accompagnée d'un plan d'intervention précisant les étapes à suivre en cas de sinistre.

La dernière partie du mémoire s'est focalisée sur une étude comparative entre le réseau en place et les prescriptions de la norme NFPA 11, référence en matière de systèmes à mousse pour feux d'hydrocarbures. Trois scénarios types ont été retenus :

- Feu de bac de stockage : cas le plus critique nécessitant un grand volume d'émulseur,
- Feu de cuvette de rétention : scénario courant lors d'un déversement accidentel,
- Feu de toit flottant : feu localisé mais à haut potentiel de propagation.

Les calculs des besoins en eau et en émulseur pour chacun de ces cas ont montré que le réseau actuel est sous-dimensionné pour certains types d'incendie majeurs, notamment en matière de débit disponible et de durée de projection continue.

À la lumière de cette étude, il apparaît nécessaire de renforcer le réseau incendie du champ, en l'adaptant aux exigences normatives, et en intégrant des solutions modernes telles que les systèmes de détection précoce et d'intervention automatique. Il est également recommandé de former continuellement le personnel, de réaliser des exercices réguliers, et de mettre à jour les plans d'intervention d'urgence selon l'évolution des risques.

Conclusion générale

Ce travail constitue ainsi une base technique et opérationnelle sur laquelle l'entreprise peut s'appuyer pour améliorer durablement sa stratégie de sécurité incendie.

Références bibliographiques

- [1] SONARCO. (2022). *Fichier de présentation du champ Rhourde El Baguel*. Documentation technique interne, Sonatrach – Division Production.
- [2] Éditions Tissot. (2025). *Définition : Incendie*. Disponible sur : <https://www.editions-tissot.fr/guide/definition/incendie> [Consulté le 03 juin 2025].
- [3] Processs.free.fr. (2023). *Cours sur les installations de process industriels*. [Consulté le 21 mai 2025].
- [4] Théberge, M.-C. (2000). *Guide d'analyse des risques d'accidents technologiques majeurs*. Ministère de l'Environnement du Québec.
- [5] Fezazi, C. (2019). *Étude, simulation et réalisation d'un système anti-incendie à ondes sonores*. Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen.
- [6] Toppr Guides. (2025). *Introduction and types of combustion*. Disponible sur : <https://www.toppr.com/guides/chemistry/combustion-and-flame> [Consulté le 25 mai 2025].
- [7] National Fire Protection Association (NFPA). (2025). *Codes and Standards*. Disponible sur : <https://www.nfpa.org> [Consulté le 04 mai 2025].
- [8] Roumane, S. (2017). *La protection civile face aux risques chimiques*. Article scientifique, Revue Sécurité et Risques Technologiques, Vol. 12, N°3.
- [9] Djazairi, J., & Aberkane, L. (2021). *Analyse des risques liés au stockage du condensat dans un bac de stockage à toit flottant (RA.35-.1A) par la méthode HAZOP*. Mémoire de fin d'études, École Nationale Polytechnique – Alger.
- [10] INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques). (2018). *Document de synthèse : barrière technique de sécurité (BTS), moyens fixes de lutte contre l'incendie*. INERIS, France.
- [11] NFPA. (2011). *NFPA 20 – Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection*. National Fire Protection Association.

Références bibliographiques

[12] IFP Training. (2015). *Formation professionnelle : sécurité industrielle, évaluation quantitative et conception/dimensionnement*. Session technique, Centre IAP Hassi Messaoud.

[13] SONATRACH – PII. (2018). *Rapport final du champ REB*. Document interne, daté du 08 janvier 2018.

[14] SONATRACH – Division Production. (2024). *Spécifications du réseau anti-incendie de la pomperie REB*. Fichier technique, REB.