



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



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued
Faculté de la Technologie
Département de Génie des Procédés et Pétrochimie

Mémoire de Fin d'Etude
En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE
Domaine: Sciences et Technologies
Filière : Industrie Pétrochimique
Spécialité : Génie pétrochimie

Présenté par :

Mr Bouznada Mohamed Zouhir

Mr Bouznada Ziad Abdelmonaim

Mr Bouznada Mohamed Faïçal

Thème

**Mesures de prévention et de protection des risques
liés à la présence du gaz sulfure d'hydrogène au
sein des sites de traitement des hydrocarbures**

Soutenu publiquement le 13/06/2022 devant le Jury composé de :

Dr. Ahmouda Kaouthar	Président	Université d'El Oued.
Dr. Moussa Boudiaf	Examineur	Université d'El Oued.
Dr. Belghit Med Yazid	Rapporteur	Université d'El Oued.

2021/2022

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de notre stage et qui nous ont aidés lors de la rédaction de ce mémoire.

Tout d'abord, nous tenons à remercier notre encadrant, le Professeur Balghith Yazid de l'Université Hama Lakhdar, pour sa patience, sa disponibilité et surtout pour ses conseils avisés qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous remercions également toute l'équipe Sonatrach FCP de la zone MLE d'avoir été si accueillante et responsable de ma formation.

Enfin, nous remercions tous les enseignants, techniciens, gestionnaires et administrateurs de l'Université Hama Lakhdar et tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dedicas

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce
modeste*

*travail à ceux qui, quels que soient les termes
embrassés je*

n'arrivais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

*A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma
vie, ma*

réussite et tout mon respect : mon cher père.

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui
n'a jamais*

*dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun
effort pour merendre heureuse : mon adorable mère.*

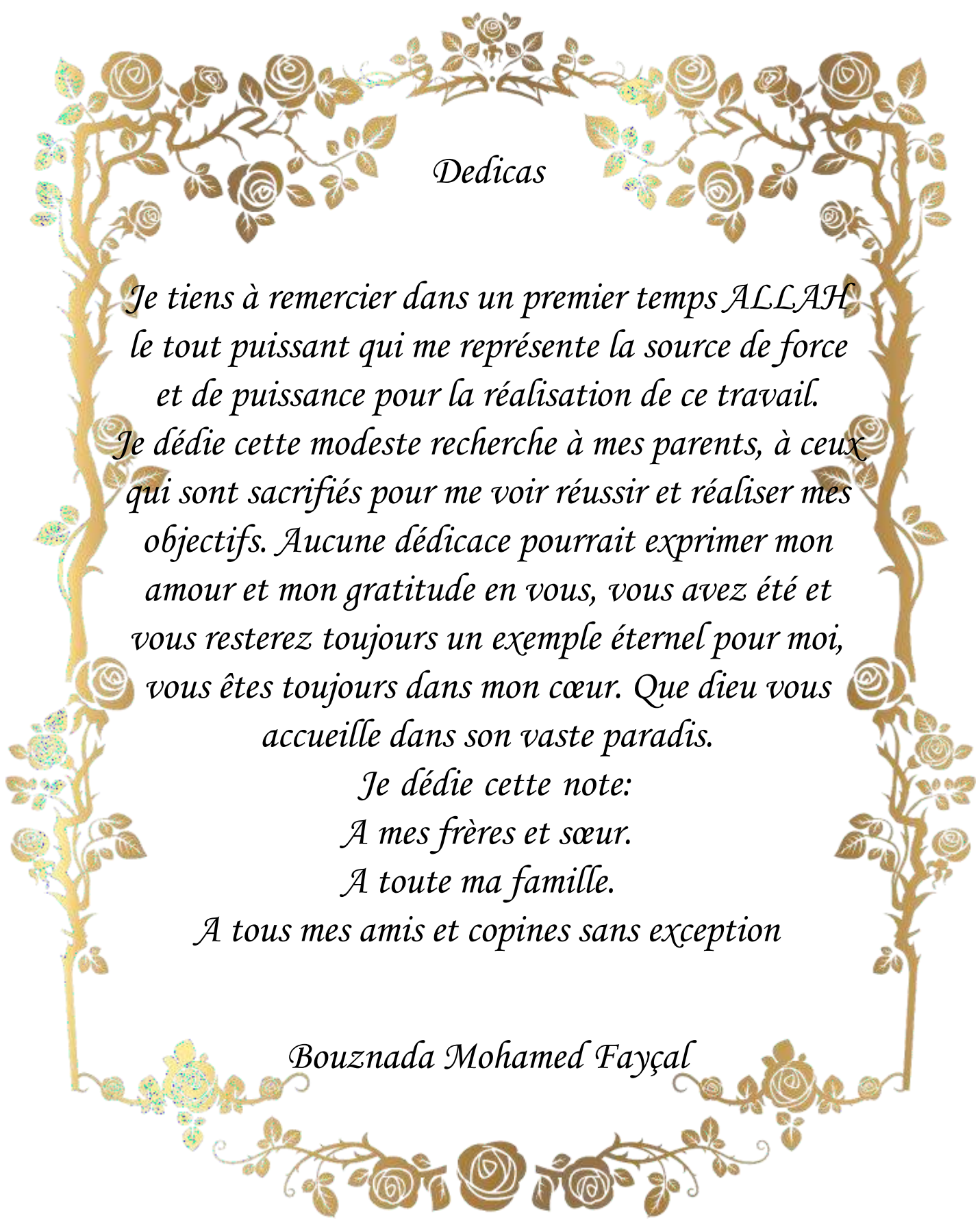
A mes deux chères sœurs. À toute ma famille

*Mes compagnons avec qui j'ai vécu toute l'ambiance
heureusetout au long de mon parcours universitaire*

*Sans oublier mes partenaires pour leur soutien moral,
leurpatience et leur compréhension tout au long de ce*

projet.

Bouznada Ziad Abdelmonaim



Dedicas

Je tiens à remercier dans un premier temps ALLAH le tout puissant qui me représente la source de force et de puissance pour la réalisation de ce travail.

Je dédie cette modeste recherche à mes parents, à ceux qui sont sacrifiés pour me voir réussir et réaliser mes objectifs. Aucune dédicace pourrait exprimer mon amour et mon gratitude en vous, vous avez été et vous resterez toujours un exemple éternel pour moi, vous êtes toujours dans mon cœur. Que dieu vous accueille dans son vaste paradis.

Je dédie cette note:

A mes frères et sœur.

A toute ma famille.

A tous mes amis et copines sans exception

Bouznada Mohamed Fayçal

Dedicas

Je dédie ce modeste travail à :

*Tout d'abord, je remercie ALLAH de m'avoir accordé
le succès dans ce travail, ainsi que mes chers parents.*

*Je voudrais également dédier ce travail à tous mes
proches qui ont fait de moi ce que je suis :*

Dédié à toutes mes sœurs.

Je dédie également ce travail à tous mes chers amis.

*Pour tous les enseignants du raffinage et de la
pétrochimie.*

*Aux personnes qui m'ont aidée, encouragée et qui
m'ont accompagnée durant mes études supérieures.*

*Au final, j'ai chaleureusement dédié ce projet à mon
binôme : Bouznada Ziad et Bouznada Fayçal.*

Bouznada Mohammad Zouhir

Sommaire

Introduction Générale	2
-----------------------------	---

Chapitre I

I.PRESENTATION DU SITE MLE ET UN APERÇU SUR LA NATURE DU GAS H₂S.

Introduction	4
--------------------	---

I.1Localisation site de stage :	4
---------------------------------------	---

I.2Présentation du champ MLE	5
------------------------------------	---

I.2.1MLE.....	6
---------------	---

I.2.2CAFC.....	7
----------------	---

I.3Organigramme de la région	9
------------------------------------	---

I.3.1Direction HSE	9
--------------------------	---

I.4Le danger et le risque de gaz	10
--	----

I.4.1Le danger de gas.....	10
----------------------------	----

I.4.2Le risque de gas.....	10
----------------------------	----

I.4.3Incident	10
---------------------	----

I.5Definition de la prévention et la protection	11
---	----

I.5.1La Prevention	11
--------------------------	----

I.5.2La Protection.....	11
-------------------------	----

I.6Généralités sur l'origine de sulfure d'hydrogène	11
---	----

I.6.1Description du sulfure d'hydrogène	11
---	----

I.6.2Sources de sulfure d'hydrogène	12
---	----

I.7Caractéristique physique et chimique.....	13
--	----

I.7.1Définition de gaz sulfure d'hydrogène.....	13
---	----

I.7.2Propriétés physiques.....	15
--------------------------------	----

I.7.3Propriétés chimiques	16
---------------------------------	----

Chapitre II

II.PROCEDE D'ELIMINATION ET APPROCHE PREVENTIVE ET PROTECTION SUR LA PRESENCE DU GAZ SULFURE D'HYDROGENE.....

II.1Processus pour récupérer Sulfure d'hydrogène.....	19
---	----

II.1.1Processus d'absorption	19
------------------------------------	----

II.1.2Processus d'adsorption	21
------------------------------------	----

II.2 Nature et effets du sulfure d'hydrogène	23
II.3 Dangers et symptômes du Sulfure d'hydrogène.....	24
II.3.1 Symptômes sur la santé.....	24
II.3.2 Impact Sur les matériaux et l'installation	30
II.3.3 Impact sur environnement.....	31
II.4 Prévention et protection contre le Sulfure d'hydrogène	33
II.4.1 Prévention.....	33
II.4.2 Protection.....	44

Chapitre II

III. RETOUR D'EXPERIENCE (RAPPORT D'INVESTIGATION) DECES D'UN AGENT EXPLOITANT EN PRESENCE DU GAZ H₂S.....	48
III.1 Localisation d'incident	48
III.2 Description de l'incident.....	50
III.2.1 Notification d'alarme initiale	50
III.2.2 Réponse de la pompe	50
III.2.3 Arrivée du conjoint de l'agents	51
III.2.4 Réponse d'urgence	52
III.3 Analyse d'incident.	55
III.3.1 Non-utilisation du détecteur personnel sulfure d'hydrogène.....	55
III.3.2 Non-exécution du verrouillage	55
III.3.3 Confinement du sulfure d'hydrogène à l'intérieur de la station de pompage	56
III.3.4 Absence de programme de gestion de la sécurité.....	57
III.3.5 Recommandations.....	59
III.3.6 Sécurité du site déficiente	62
Conclusion Générale.....	67

Liste des figures

Figure I.1 Situation géographique du champ MLE [4].....	5
Figure I.2 Situation géographique du champ MLE. [4].....	6
Figure I.3 Présentation de champs MLE. [4]	6
Figure I.4 Schéma fonctionnel général MLE + CAFC. [4].....	7
Figure I.5 Schéma du procédé général du CPF(MLE). [4]	8
Figure I.6 Schéma du procédé général du (CAFC). [4]	9
Figure I.7 Symboles de danger pour le sulfure d'hydrogène gazeux	15
Figure I.8 dimensions Hydrogen-sulfide-2D.....	15
Figure I.9 Modèle de remplissage d'espace de la molécule de sulfure d'hydrogène	15
Figure II.1 Flux de processus de l'usine d'élimination de sulfure d'hydrogène [18]	20
Figure II.2 Amines communes [18]	21
Figure II.3 les tamis moléculaires (absorbant pour sulfure d'hydrogène).....	22
Figure II.4 Disposition pour les lits d'élimination de Sulfure d'hydrogène.[19].....	23
Figure II.5 Exemples de corrosion avec de l'hydrogène sulfuré [9].....	31
Figure II.6 Torches à gaz acide [20]	32
Figure II.7 Extincteur de poudre.....	35
Figure II.8 Appareil respiratoire ARI	36
Figure II.9 Suppression du vent.....	36
Figure II.10 Vitesse du vent selon la forme de suppression du vent	37
Figure II.11 Plaque de point de rassemblement	38
Figure II.12 Panneaux indiquant le danger	38
Figure II.13 Plaque de direction de sortie	39
Figure II.14 Exemples de Détecteurs fixe [23].....	42
Figure II.15 Exemples de Détecteurs portatifs [25].....	43
Figure III.1 Situation géographique du Aghorn Energy	48
Figure III.2 Station d'injection d'eau Aghorn Foster D à Odessa, Texas	49
Figure III.3 Illustration simplifiée du processus d'inondation d'Aghorn.	49
Figure III.4 Écran de l'automate affichant l'alarme de niveau d'huile du carter de la pompe	151
Figure III.5 Illustration de Foster D waterflood station	52
Figure III.6 Emplacement du poste de commandement de l'incident (étoile rouge) et lieu de l'incident (étoile d'or)	53

Figure III.7 Images de la pompe #1. (Crédit de gauche : CSB ; Crédit de droite : shérif du comté d'Ector).....	54
Figure III.8 Emplacement de la fermeture finale de la vanne qui a arrêté l'évacuation de l'eau de la pompe n° 1 défailante.	54
Figure III.9 Photos montrant les positions des portes de la baie.	56
Figure III.10 Une conception alternative du système de détection.....	61

Liste des tableaux

Tableau I-1 Propriétés physique de sulfure d'hydrogène	15
Tableau I-2 Propriétés chimique de sulfure d'hydrogène.....	17
Tableau II-1 toxicité de Sulfure d'hydrogène	27
Tableau III-1 Air contaminants (OSHA)	59

Liste des abréviations

MLE : menzel ledjmet east

H₂S : Sulfure d'hydrogène.

LEL : Niveau explosif inférieur.

SGH : Système général harmonisé.

OSHA : Administration de la sécurité et de la santé au travail.

PEL : Limite d'exposition admissible.

STEL : Limite d'exposition à court terme.

TWA₈ : Moyenne pondérée dans le temps sur huit heures.

ACGIH : La conférence américaine des hygiénistes industriels gouvernementaux.

TLV : Valeur limite de seuil.

NIOSH : L'Institut national pour la sécurité et la gamme de santé.

IDLH : Immédiatement dangereux pour la vie et la santé.

CPR : Réanimation cardiopulmonaire.

API : Institut américain du pétrole.

CBS : Commission d'enquête sur la sécurité et les risques chimiques.

SCBA : Appareil respiratoire autonome.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale

Les installations pétrolières d'aujourd'hui sont d'une grande importance vitale dans l'économie des pays producteurs de pétrole, et ce sont de très grands complexes industriels qui comprennent de nombreuses unités de traitement différentes et des installations auxiliaires où certaines raffineries de pétrole modernes traitent jusqu'à 800 000 à 900 000 barils (127 000 à 143 000 cubes mètres) par jour de pétrole brut.

Étant donné que le pétrole ou ses dérivés sont un mélange d'hydrocarbures, qui peuvent se présenter sous forme de gaz, de liquide, de spray ou de solide, et contenir d'autres substances indésirables, ces raffineries purifient le pétrole et le gaz de ces impuretés pour le rendre commercial et moins dangereux. . . Le soufre est considéré comme l'une des impuretés les plus indésirables car il se dissout dans le pétrole ou les gaz qui l'accompagnent, et on l'appelle (huiles acides), qui forment du gaz sulfure d'hydrogène, qui a de nombreux effets négatifs sur la santé, l'économie et les installations pétrolières, d'un point de vue sanitaire. Avis, ce gaz peut provoquer asphyxie, évanouissement et dans certains cas la mort s'il est inhalé concentrer ou prolongé D'un point de vue économique, il existe une relation directe entre la présence de ce gaz dans le pétrole brut et son prix, car l'élément soufre réduit sa qualité. Et réduit ainsi son prix car il provoque l'apparition de rouille et de corrosion pour tout. Entre en contact avec les tubes de production dans le puits ou la surface.

Il convient de noter que le pourcentage de soufre dans le pétrole a augmenté ces dernières années, et la raison en est due à l'augmentation du pompage d'eau brute dans les réservoirs pétroliers, ce qui entraîne une augmentation de la pollution par ce gaz, et donc une augmentation dans le taux de pollution. Un taux élevé de risques et d'accidents, et la sécurité des travailleurs et des installations étant une priorité absolue pour les entreprises, le pétrole nécessite d'arrêter ou de réduire ces risques en développant des plans de prévention et de protection dans l'huile d'installation, en particulier lorsque du gaz sulfuré d'hydrogène est suspecté.

Les processus, procédures et dispositifs utilisés pour prévenir le danger du sulfure d'hydrogène gazeux varient en fonction du pourcentage de soufre présent dans l'huile, mais il existe plusieurs procédures de base qui doivent être présentes dans toutes les installations pétrolières et qui doivent être suivies pour maintenir la sécurité. Et opérations commerciales

L'objectif de nos travaux est la présentation des systèmes de sécurité liés à la présence de gaz sulfuré d'hydrogène au sein des sites de traitement d'hydrocarbures. [1] [2] [3]

Ce mémoire est articulé en trois chapitres :

- Le premier chapitre est une description de la localisation et de la nature des travaux, visite de terrain (lignes de production), source de sulfure d'hydrogène gazeux aux propriétés physico-chimiques
- Le deuxième chapitre mentionne les méthodes d'élimination du sulfure d'hydrogène gazeux du pétrole et les techniques utilisées pour prévenir et protéger contre le danger de ce gaz.
- Le troisième chapitre décrit un cas réel d'intoxication gazeuse et les analyses associées

CHAPITRE I

Présentation du MLE et un aperçu sur la nature de gaz sulfide d'hydrogéné

I. Présentation du site MLE et un aperçu sur la nature du gaz sulfure d'hydrogène

Introduction

Le sulfure d'hydrogène c'est un gaz toxique, très dangereux, et corrosif, qui peut se former naturellement à partir de plusieurs sources, Le H_2S est généralement indésirable et retiré de nombreuses industries. S'il n'est pas manipulé correctement, il peut entraîner des problèmes industriels et des risques pour la santé.

I.1 Localisation site de stage

Le champ MLE bloc 405 B a une superficie d'environ 1100 km². Il est situé dans la zone de concession de Menzel Ledjmet dans le bassin de Berkine qui se trouve à environ 220 km au sud- est de la ville de Hassi Messaoud (Figure I.1, I.2).

Le champ MLE couvre 466 kilomètres carrés dans la région du Ledjmet dans le Sahara Algérien. Le site est situé au niveau de la wilaya d'Illizi, Il est situé à près de 602 KM au sud d'El oued et à près de 1000 km d'Alger.

Il relève administrativement de la commune de Deb-Deb, daïra d'In Amenas limité au Nord et à l'Est par la frontière Algéro-Libyenne, à l'ouest par la route nationale RN3 de Deb-Deb et au sud par la région d'In-Amenas. Il jouxte au sud le bloc de production exploité par Conoco Phillips et à l'Ouest le champ El-Merk exploité par Anadarko.[4]

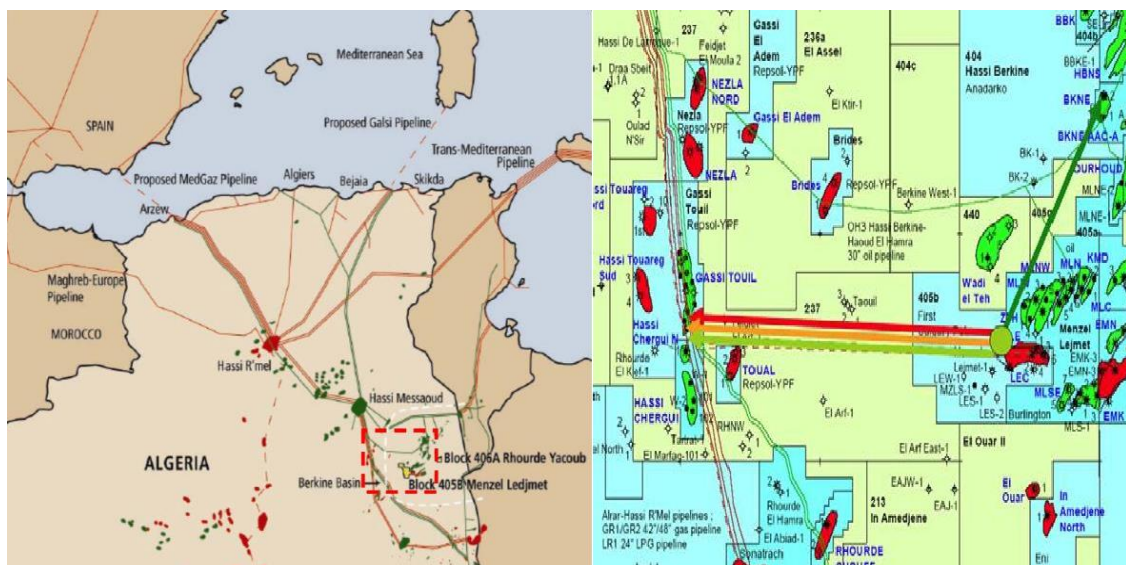


Figure I.1 Situation géographique du champ MLE [4]

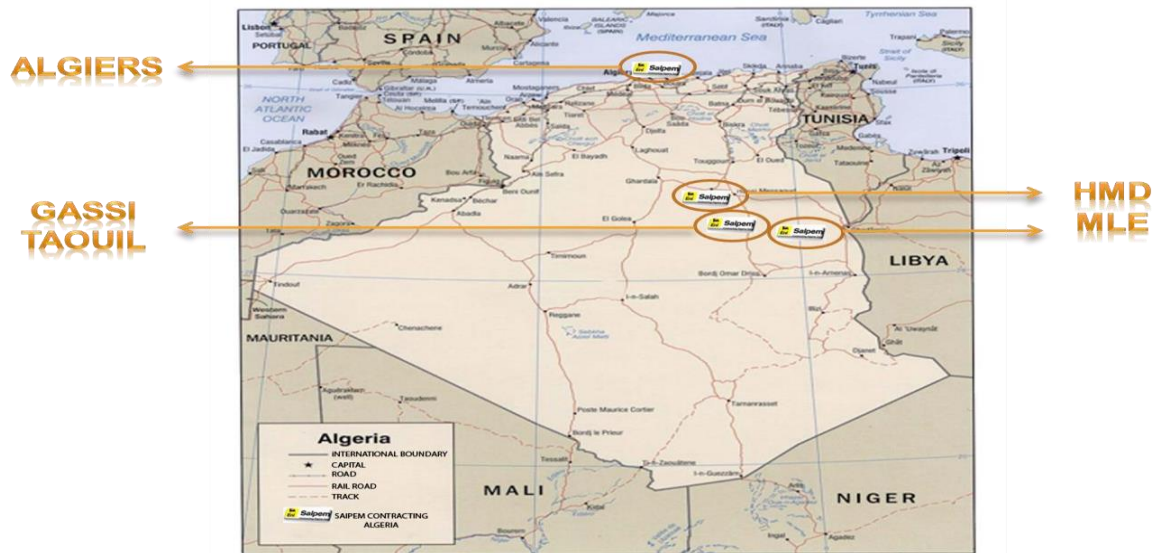


Figure I.2 Situation géographique du champ MLE. [4]

I.2 Présentation du champ MLE

Le champ de gaz Menzel Ledjmet East (MLE) est un projet commercial conjointement développé par Sonatrach et First Calgary Petroleum Ltd (FCP), qui est actuellement dans l'actif de l'ENI (Figure I.3). [4]



Figure I.3 Présentation de champs MLE. [4]

Le concept développé se compose d'un système de collecte, d'une usine de traitement centrale CPF (Central Processing Facility), d'une infrastructure et des canalisations d'exportation du

gaz à vendre, du GPL, du condensat et de l'huile. Tous les équipements de MLE sont conçus pour pourvoir aux besoins à la fois de MLE et du CAFC (Figure I.3). [4]

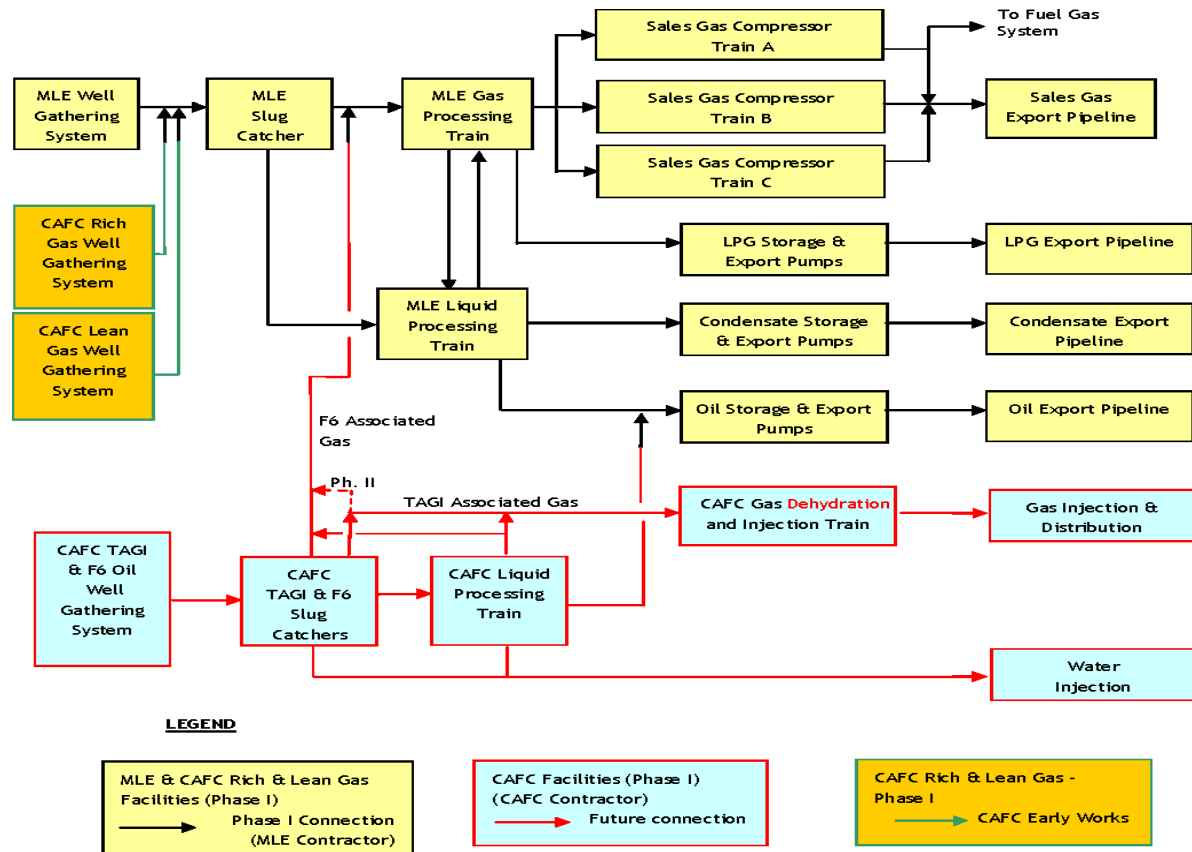


Figure I.4 Schéma fonctionnel général MLE + CAFC. [4]

I.2.1 MLE

Le projet de MLE comprend en particulier :

- 24 puits de gaz.
- 6 Collecteurs de gaz.
- Une installation de traitement centrale (CPF) qui comprend la compression du gaz à vendre, l'élimination du CO₂, l'extraction de GPL, la stabilisation de l'huile et du condensat, le stockage des produits et le système de pompage (Les services associés).

- 4 canalisations d'exportation du gaz à vendre, du condensat, du GPL et de l'huile (au total 550 km). CAFC

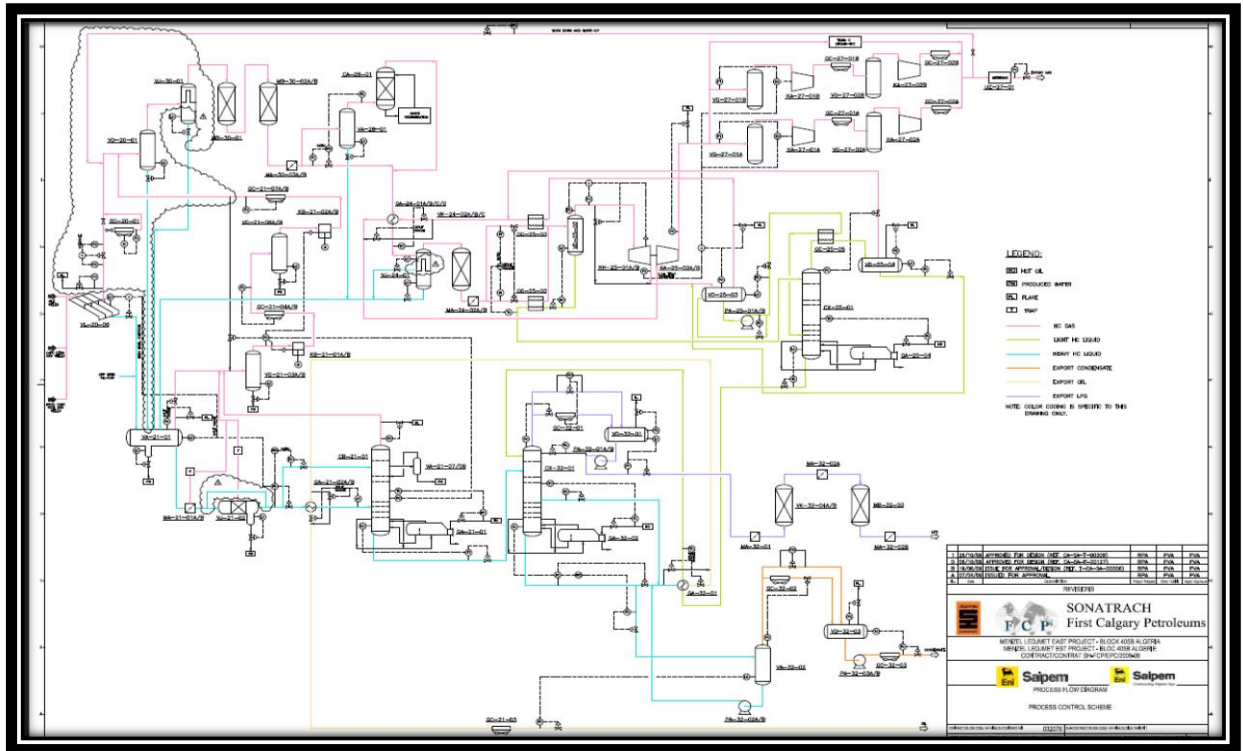


Figure I.5 Schéma du procédé général du CPF(MLE). [4]

Le développement de 'CAFC' contient trois types de réservoirs (pétrole, gaz pauvre et gaz riche) qui s'étendent sur les parties central, sud et ouest du block 405b. la production des réservoirs de pétrole est collectée dans un system de collection qui va véhiculer les fluides des puits vers le CAFC. [4]

Les puits programmés sont les suivants

- 12 puits de production de pétrole.
- 3 puits de production d'eau.
- 4 puits pour l'injection du gaz.
- F6-2 : 8 puits de production de pétrole.
- F6-1 : 16 puits de production de pétrole.
- Formation de Barrémien (eau) : 3 puits d'alimentation en eau.

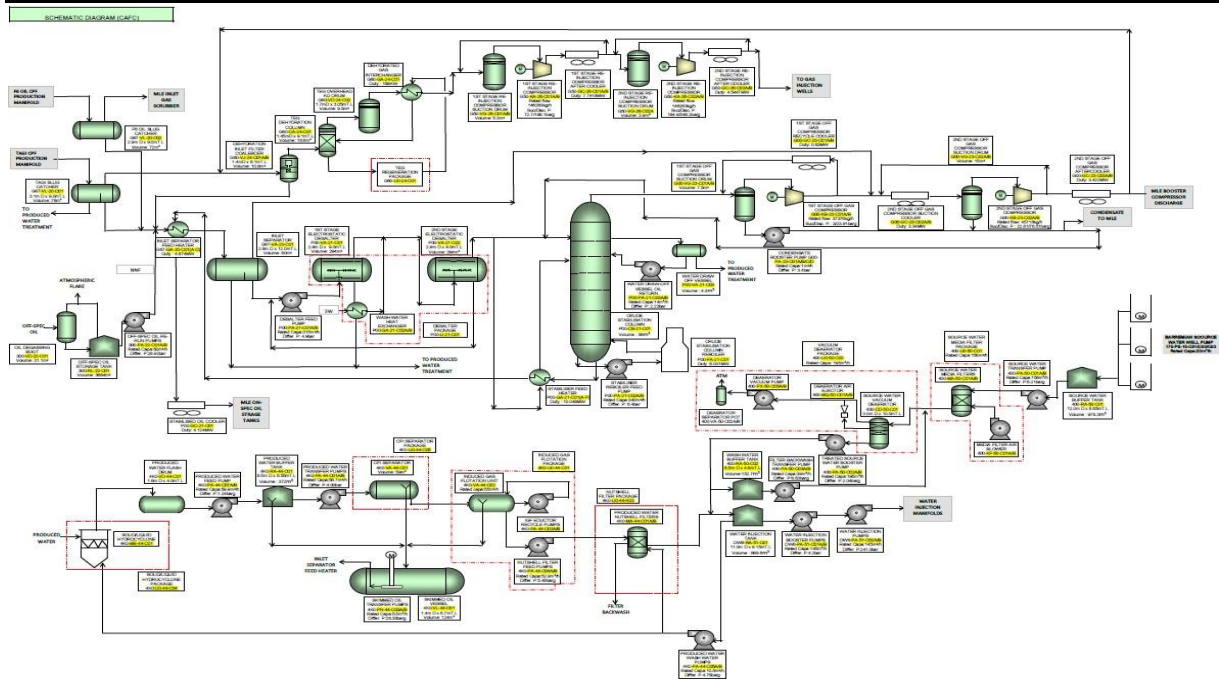


Figure I.6 Schéma du procédé général du (CAFC). [4]

Les installations du complexe CAFC prévoient pour le développement des réservoirs CAFC Oil et CAFC Gaz en synergie avec le complexe MLE pour produire :

- Réservoir du pétrole (TAGI, F6 -1 et F6-2).
- Le pétrole stabilisé, envoyé aux stockages de MLE/CAFC.
- Le gaz associé du pétrole issu du Tagi est initialement réinjecté (jusqu'à il a atteint le bas niveau), pendant que les gaz associés du F6-1 et F6-2 sont envoyés vers le slug catcher du complexe MLE.
- Réservoir du gaz (F6-2) : le gaz est envoyé vers le slug catcher du complexe MLE.

Le complexe CAFC inclus :

- Traitement du pétrole brut.
- Déshydratation du gaz associé.
- Traitement de l'eau produite et l'eau de source.
- Système de réinjection du gaz.
- Système de réinjection de l'eau.

- Les lignes de flux, collecteurs et lignes principales de gaz, de pétrole et de l'eau vers CAFC.
- Les installations et les infrastructures associées.

I.3 Organigramme de la région

Le groupement est devisé en 13 départements :

- Département Appros et Contrat.
- Département Exploitation.
- Département Finance.
- Département Forage.
- Département HSE.
- Département Informatique et Telecom.
- Département Logistique.
- Département Maintenance.
- Département Moyens Généraux.
- Département Puits.
- Département Réalisation.
- Département Réservoir.
- Département Ressource Humaine.

I.3.1 Direction HSE

Cette salle est spécialisée dans l'aspect de la prévention et de la protection, car elle travaille à donner aux travailleurs toutes les mesures liées à cet aspect et effectue également le processus de surveillance pour éviter la survenue de manquements des travailleurs pouvant causer des accidents.

Cette salle est divisée en

- . Département sécurité au travail
 - ❖ Service prévention

- Procédures de travail
- Investigation
- Bilan
- Les statistiques des accidents
- ❖ Service intervention (Pompier)
 - Département qualité
 - Département environnement

I.4 Le danger et le risque de gaz

I.4.1 Le danger de gas

Un danger est une cause potentielle de lésions corporelles (pour une personne ou des personnes dans des zones industrielles) Une menace susceptible d'altérer de manière significative la sécurité physique d'une personne lorsqu'elle est en contact avec, inhalée ou enflammée. [5]

I.4.2 Le risque de gas

Elle est définie comme la probabilité d'être exposé à un risque gaz, à un événement (maladie, accident, incendie) pendant une durée déterminée. Ainsi, l'hydrogène sulfuré est considéré comme l'un des gaz les plus dangereux pour la santé des travailleurs et des matériaux, ainsi que pour l'environnement. [5]

I.4.3 Incident

Un incident est un événement généralement indésirable, qui est aléatoire et inattendu, et peut également être défini comme une condition ou une situation qui survient dans le cadre d'une activité professionnelle et qui peut entraîner une blessure, une maladie, des problèmes de santé, la mort ou des dommages aux matériaux ou l'environnement. [5]

I.5 Définition de la prévention et la protection

I.5.1 La Prevention

La prévention comprend toutes les mesures prises pour prévenir l'apparition, l'aggravation ou l'extension d'un danger, d'un accident ou d'une maladie nuisible comme un conflit, une catastrophe, donc, en premier lieu, pour essayer de prévoir les facteurs pouvant conduire à un accident. Lorsqu'un accident survient, ces facteurs doivent être analysés afin d'éviter qu'un accident similaire ne se reproduise.

Ainsi, agir avec une attitude de précaution, c'est mettre en œuvre des mesures pour réduire, et parfois même éliminer, les circonstances et donc la possibilité d'un événement incertain et aléatoire.

Le risque est évalué selon deux critères : la probabilité qu'un événement indésirable se produise et la gravité des dommages causés, y compris certains des accidents les plus graves. Ainsi, il appartient au chef d'entreprise de prendre les mesures de précaution ou de prévention appropriées pour éviter de tels accidents pour les premiers ou pour en réduire la gravité pour les seconds.

I.5.2 La Protection

C'est le fait de tenir une personne ou une chose à l'écart d'un danger qui pourrait lui nuire, et la protection contre les dommages du laurier désigne les méthodes, procédés et moyens utilisés après une fuite de gaz, et ceci pour prévenir ou réduire les dommages résultant de cette fuite.

I.6 Généralités sur l'origine de sulfure d'hydrogène

I.6.1 Description du sulfure d'hydrogène

Le sulfure d'hydrogène est un polluant environnemental nauséabonde, corrosif et inflammable avec une toxicité similaire au cyanure. Il est incolore et résulte souvent de la décomposition en anaérobie du sulfate organique, mais peut se produire dans les gaz volcaniques à partir de l'hydrolyse des minéraux sulfurés. Le sulfure d'hydrogène est une toxine à large spectre qui affecte de nombreuses parties du corps et peut bloquer l'oxygène dans les mitochondries et arrêter la respiration cellulaire. Le corps est capable de se détoxifier par oxydation en sulfates, de sorte que seuls de faibles niveaux de sulfure d'hydrogène peuvent être tolérés. Il sent les œufs pourris et est extrêmement dangereux même à de faibles concentrations, car le sulfure d'hydrogène désactive les catalyseurs industriels, corrode les tuyaux métalliques et endommage les gaz des moteurs. Il doit être retiré des processus industriels ou dégazé avant de pouvoir être utilisé, transporté ou vendu. Le sulfure d'hydrogène se trouve couramment dans le gaz naturel et est fabriqué dans les raffineries de pétrole et les installations de traitement des déchets. La figure montre le résultat de la corrosion sulfure d'hydrogène sur les tuyaux. [6,7]

Il est commercialisé selon les normes internationales

- N° CAS : 7783-06-4
- DOT Number : UN 1053

Il est également connu sous divers noms, certains communs et d'autres scientifiques :

(Hydrogène sulphide, Dihydrogen sulfide, Dihydrogen monosulfide, Sulfur hydride, Sulfureted hydrogen, Hydrosulfuric acid). [8]

I.6.2 Sources de sulfure d'hydrogène

Le sulfure d'hydrogène gazeux est naturellement présent dans l'environnement ou à la suite d'activités industrielles humaines et Il existe trois sources majeures d'hydrogène sulfuré : l'hydrodésulfuration de la Pétrole dans les raffineries, l'adoucissement du gaz naturel sulfureux dans les stations d'épuration et le biogaz des digesteurs anaérobies et des décharges. Le biogaz est actuellement une source insignifiante de sulfure d'hydrogène, mais augmente en raison de l'utilisation accrue des digesteurs anaérobies et des gaz de décharge. [8,9]

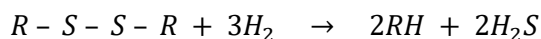
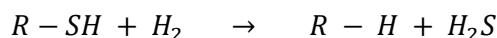
Ses sources naturelles et industrielles peuvent être résumées comme suit.

Le sulfure d'hydrogène se trouve naturellement dans les systèmes de traitement du pétrole, du gaz naturel et des eaux usées, où il est libéré de la matière organique en décomposition par fermentation

Le sulfure d'hydrogène peut également provenir de nombreuses activités industrielles ou peut être émis au cours :

- Gaz volcaniques.
- Fermentation de plantes et de protéines animales.
- Transport et stockage de pétrole.
- Lacs sulfureux chauds et marais salants.
- Champs et puits de gaz naturel.
- Les processus industriels tels que le raffinage et le craquage d'huiles à haute teneur en soufre, la désulfuration du pétrole et du charbon, la capture et le nettoyage du gaz naturel, les hauts fourneaux et les fours à coke.
- Industries chimiques pour la production de composés organosoufrés tels que les thiols (méthanethiol, éthanethiol) et les additifs pour lubrifiants.

- Il résulte du processus d'élimination du soufre des dérivés du pétrole, c'est-à-dire des mercaptans, des disulfures et d'autres composés nocifs s'ils restent dans les dérivés du pétrole. [8]



- Purification des minerais par flottation et traitement de séparation des poudres minérales.
- Activités de papeteries, tanneries, vulcanisation du caoutchouc, fabrication de viscose.
- Les pétroles bruts et le gaz naturel contiennent de 0,05 à 14% de Soufre, mais la plupart des pétroles algériens vont de 0,05 à 0,2%.

(En général, dans les sédiments, le soufre se lie en grande quantité aux hydrocarbures les plus lourds).

I.7 Caractéristique physique et chimique

I.7.1 Définition de gaz sulfure d'hydrogène.

Le sulfure d'hydrogène, ou sulfure d'hydrogène, est un composé chimique composé d'un atome de soufre et de deux atomes d'hydrogène de formule sulfure d'hydrogène (Figure I.8,9). C'est un gaz incolore, sous pression, inflammable et dangereux pour l'environnement (Figure I.7). Le sulfure d'hydrogène est considéré comme un gaz toxique par inhalation où l'inhalation produit une irritation Sévère muqueuse des voies respiratoires avec lésions cellulaires, œdème laryngé et pulmonaire. Il cause de graves dommages irréparables à la peau et aux yeux.

On le reconnaît à son odeur, qui ressemble à celle des œufs pourris, et parce qu'il est plus lourd que l'air, il s'accumule dans les endroits bas et non ventilés. Ce gaz est produit par la décomposition de la matière organique et est présent dans le pétrole brut et le gaz naturel. Le sulfure d'hydrogène est également produit par décomposition anaérobie par des micro-organismes.

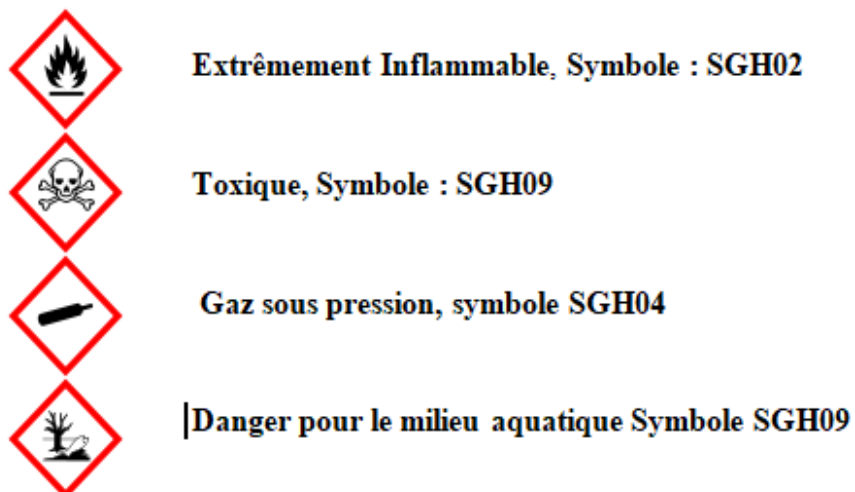


Figure I.7 Symboles de danger pour le sulfure d'hydrogène gazeux

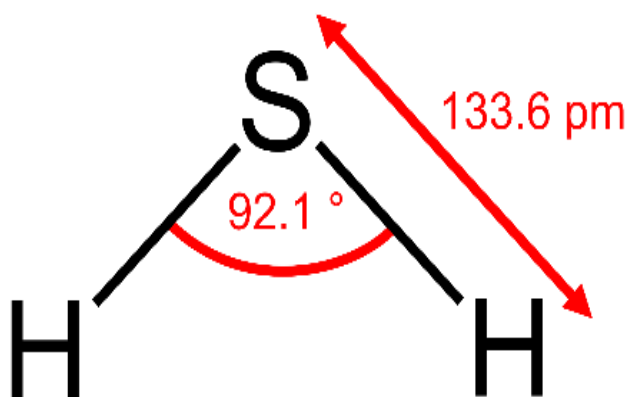


Figure I.8 dimensions Hydrogen-sulfide-2D

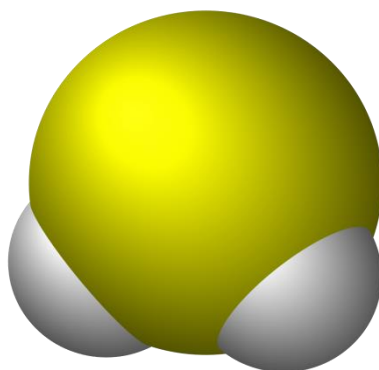


Figure I.9 Modèle de remplissage d'espace de la molécule de sulfure d'hydrogène

I.7.2 Propriétés physiques

Le sulfure d'hydrogène c'est un gaz odeur évoquant l'œuf pourri l'odeur décelable à de très faibles concentrations (0,02 à 0,1 ppm) mais disparaissant à forte concentration (anesthésie de l'odorat au-dessus de 100 ppm), Étant plus lourd que l'air, il s'accumule dans les parties basses non ventilées Ce gaz résulte de la décomposition de matières organiques, Le sulfure d'hydrogène est soluble dans certains solvants organiques (notamment éthanol, acétone, oxyde de diéthyle, hydrocarbures, glycols) il est faiblement soluble dans l'eau en donnant un acide faible (0,398 g/100 g de solution à 20 °C et 101 kPa), . Il réagit avec les solutions aqueuses basiques et les métaux tels que l'argent ou l'acier, même inoxydable. [9-15]

Tableau I-1 Propriétés physique de sulfure d'hydrogène [16,17]

Phase Gaseous		Phase Liquide	
Masse volumique (1013,25 hPa, à 15 °C)	1,45 kg m³⁻¹	Masse volumique (1013,25 hPa, au point d'ébullition)	914,9 kg m³⁻¹
Equivalent gaz/liquide (1013,25 hPa et 15 °C)	1 m³ de gaz 1,45 (kg) > 0,001567 m³ de liquide	Equivalent liquide/gaz (1013,25 hPa et 15 °C)	638 vol/vol (1 m³ d'H₂S liquide > 638 m³ de gaz)
Volume spécifique (1013,25 hPa, à 21 °C)	0,699 m³ kg⁻¹	Point d'ébullition (1013,25 hPa)	-60,2 °C
Chaleur spécifique à pression constante (C _p) (1 bar et 25 °C)	34 J/(mole.K)	Chaleur latente de vaporisation (1013,25 hPa, point d'ébullition de -60,2 °C)	547,58 kJ kg⁻¹
Viscosité (1013,25 hPa, à 0 °C)	0,0001179 Poise	Le point critique	100,4 °C ;88,9 atm
Conductivité thermique (1013,25 hPa, à 0 °C)	12,98 mW(m.K)	Temperature d'auto-inflammation	270 °C
Température de fusion	-85,5 °C	Solubilité	5 g·L⁻¹ (eau, 20 °C)
Température d'ébullition	-60,7 °C		
Pression de vapeur (25C°)	20.851 hPa		
Densité (air= 1)	1,19		

I.7.3 Propriétés chimiques

À température ordinaire, le sulfure d'hydrogène est un composé stable. En l'absence de catalyseur, sa dissociation en hydrogène et soufre intervient à des températures très élevées. Le sulfure d'hydrogène brûle dans l'air ou l'oxygène en donnant des fumées hautement toxiques d'oxydes de soufre. C'est un composé réducteur qui peut réagir dangereusement (risque d'inflammation spontanée et d'explosion) avec les agents oxydants. Un grand nombre de métaux et d'alliages (aluminium, stellite, aciers inoxydables 304 et 316) peuvent être utilisés au contact du sulfure d'hydrogène anhydre. En présence d'humidité, seuls les aciers inoxydables type 316 et 18 - 8 chrome-nickel et l'aluminium ne sont pas attaqués. La résistance des caoutchoucs et des matières plastiques au sulfure d'hydrogène est variable. [9-15]

Tableau I-2 Propriétés chimique de sulfure d'hydrogène [16,17]

<u>Formule</u>	H ₂ S
Masse molaire	34,08 g/mol
Acidité (pK_a)	7
Susceptibilité magnétique	$-25.5 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{mol}$

CHAPITRE II

**Précédé d'élimination et approche
prévention et protection sur la présence du
gaz sulfure d'hydrogéné**

II. Procédé d'élimination et approche préventive et protection sur la présence du gaz sulfure d'hydrogéné

II.1 Processus pour éliminer Sulfure d'hydrogène

L'élimination du Sulfure d'hydrogène (H_2S) dans le pétrole est essentielle car ce composé peut provoquer de la corrosion et des dommages environnementaux même à de faibles niveaux de concentration. C'est aussi la première étape pour prévenir et réduire l'impact négatif de ce gaz, car il réduit les risques jusqu'à plus de 90 %.

Il existe deux méthodes pratiques utilisées dans les processus de raffinage pour éliminer le sulfure d'hydrogène gazeux :

II.1.1 Processus d'adsorption

La désulfuration est effectuée à partir de pétrole ou de gaz à l'aide de solvants chimiques, qui éliminent le soufre et le mercure à des niveaux très bas.

La méthode d'élimination du sulfure d'hydrogène des flux de gaz naturel acide consiste à l'adsorber dans un mélange d'amines à l'aide d'une tour de contact. (Figure II.1) montre le flux de processus d'un tel système, qui, bien qu'ayant fait ses preuves, est compliqué et nécessite un apport d'énergie important.[9]

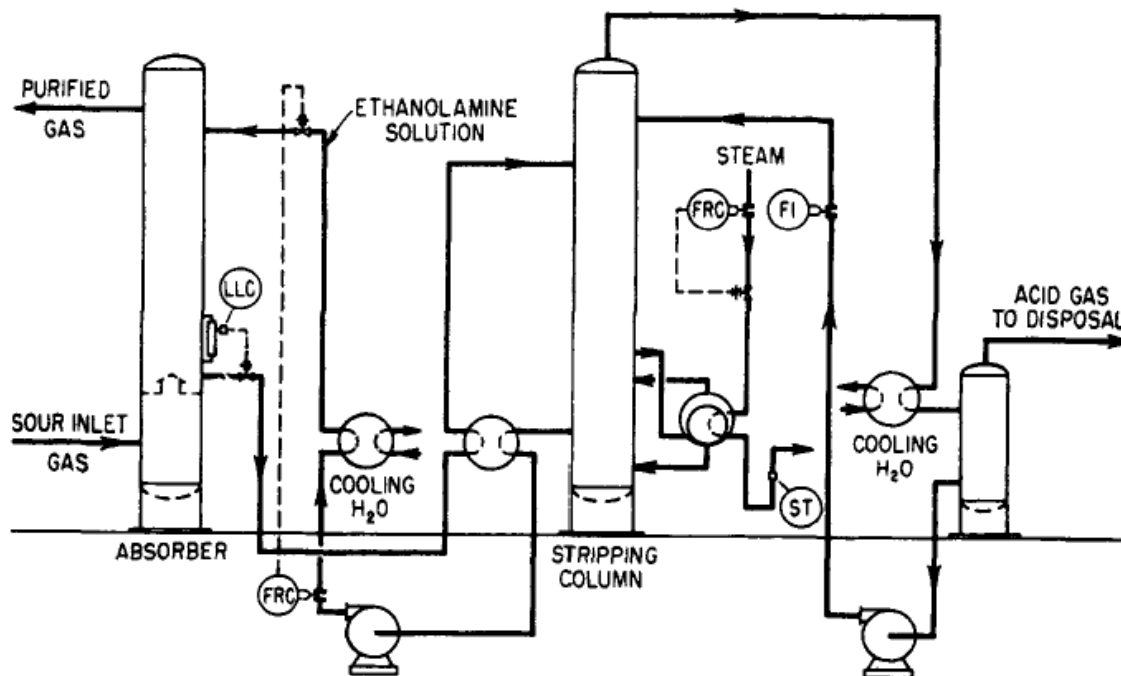


Figure II.1 Flux de processus de l'usine d'élimination de sulfure d'hydrogène [18]

Les amines ont une grande affinité pour le sulfure d'hydrogéné et absorbent préférentiellement le sulfure d'hydrogéné en solution. Une fois que les amines ont absorbé

le sulfure d'hydrogéné et sont considérées comme épuisées, elles sont chauffées pour libérer le sulfure d'hydrogéné absorbé qui est ensuite capturé sous forme de gaz concentré. Il s'agit d'un processus d'adsorption par variation de température, et bien qu'il nettoie le flux de gaz corrosif, il ne traite pas le sulfure d'hydrogéné qui est envoyé à une usine Claus modifiée pour être converti en soufre. Le procédé nécessite de la chaleur et des amines d'appoint doivent être ajoutées périodiquement, mais le procédé est largement utilisé et bien compris.

Chacun amines à une affinité différente pour le sulfure d'hydrogène et le dioxyde de carbone à différentes températures. Cela permet à deux usines d'amines différentes d'éliminer le dioxyde de Carbone (CO_2) puis le sulfure d'hydrogéné ou vice versa pour obtenir des flux relativement purs de chacune.

Les solvants les plus couramment utilisés dans ce procédé sont la "Alcanolamine" telle que la monoéthanolamine (MEA), la diéthanolamine (DEA), la méthyléthanolamine (MDEA) et la triéthanolamine (TEA) (Figure II.2). [9]

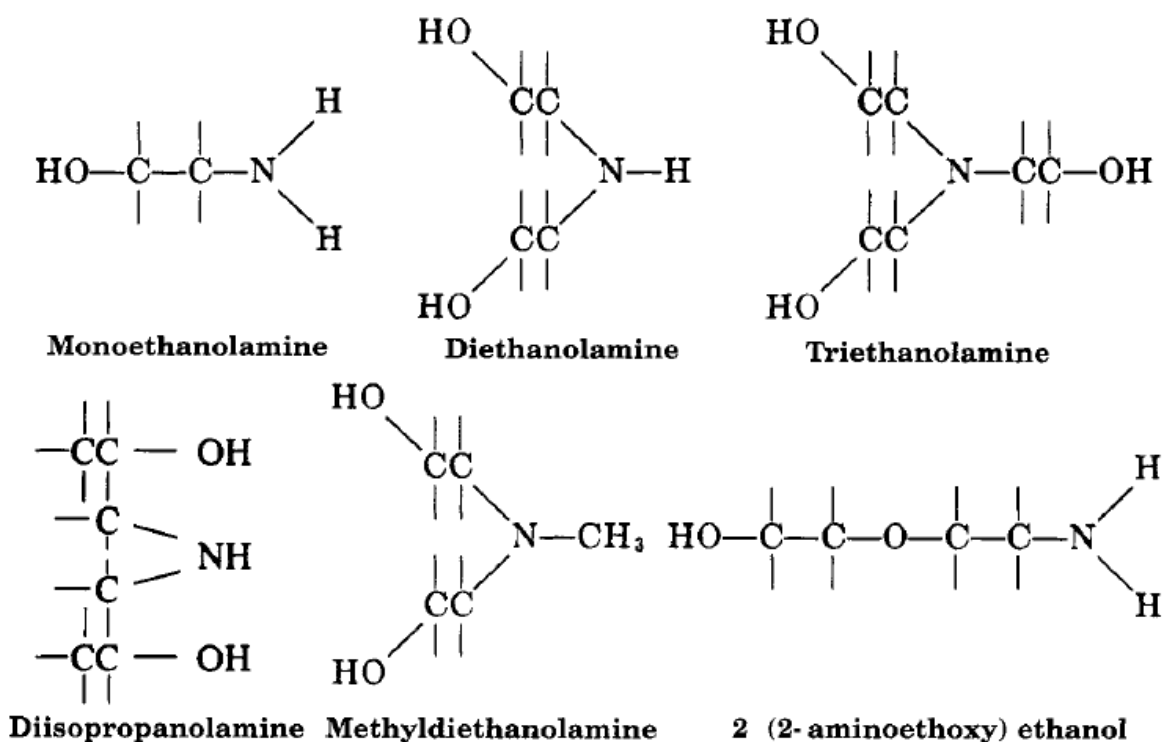


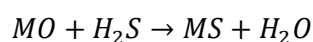
Figure II.2 Amines communes [18]

II.1.2 Processus d'absorption

Il s'agit de la méthode couramment utilisée dans les raffineries en Algérie, dans laquelle des tamis moléculaires sont utilisés (Figure II.3.), qui sont sous forme de granulés et placés dans des réacteurs où le soufre en est absorbé lors d'une réaction chimique irréversible.

Lorsque le gaz ou l'huile réagit avec l'oxyde métallique dans le sortant, il se lie chimiquement avec lui.

Soufre Où se produit la réaction suivante :



Où les particules sont représentées dans le réacteur sur deux couches distinctes (FigureII.4), la première en haut et la seconde en bas et le gaz passe dessus de haut en bas.

L'épaisseur de la première couche est de 100 mm et contient des granulés d'un diamètre de 19mm.

La deuxième couche a une épaisseur de 200 mm, divisée en deux parties :

- La première partie, à son tour, est divisée en deux parties, séparées par un filet flottant, la première mesure 50 mm de large et contient des granulés de 6 mm d'épaisseur, tandis que la seconde partie à la même épaisseur que la première avec des granulés de 5 mm de diamètre.
- La deuxième partie à une épaisseur de 100 mm et contient des granulés d'un diamètre de 19 mm. [19]



Figure II.3les tamis moléculaires (absorbant pour sulfure d'hydrogène)

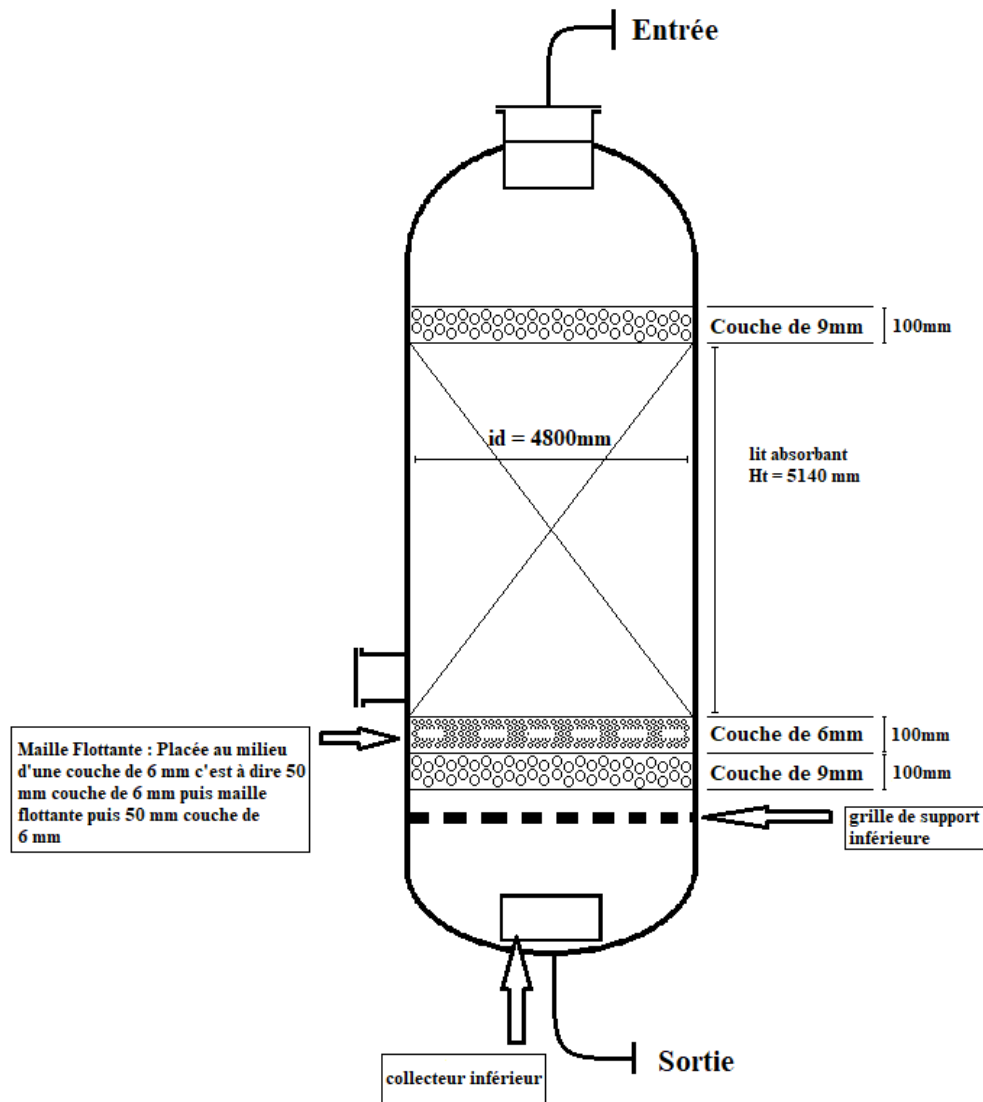


Figure II.4 Disposition pour les lits d'élimination de Sulfure d'hydrogène.[19]

II.2 Nature et effets du sulfure d'hydrogène

Lorsqu'il est inhalé, le sulfure d'hydrogène passe des poumons à la circulation sanguine. À faibles doses, le sulfure d'hydrogène est facilement oxydé et les sous-produits sont excrétés sans aucun effet évident ou nocif sur la santé. À mesure que la concentration de sulfure d'hydrogène augmente, l'absorption de sulfure d'hydrogéné est supérieure au taux de métabolisme et les effets néfastes sur la santé commencent.

Le Sulfure d'hydrogène (H_2S) est irritant pour les yeux et les voies respiratoires et a un effet narcotique sur le système nerveux. L'irritation des yeux peut provoquer une douleur intense et rend le travailleur inapte. À des concentrations plus élevées, le sulfure

d'hydrogène est inodore en raison du phénomène de fatigue olfactive, c'est-à-dire de la perte de l'odorat. Plusieurs décès sont survenus en raison d'une paralysie respiratoire suite à la croyance erronée selon laquelle « aucune odeur, ne signifie pas de gaz ».

Exposition inacceptable à ce gaz dangereuse se produira si n'est pas dans les paramètres déterminés par les limites d'exposition. Que subir un effet permanent sur la santé, voire la mort.

Ces limites d'exposition sont plus communément appelées valeurs limites seuils.

II.3 Dangers et symptômes du Sulfure d'hydrogène

II.3.1 Symptômes sur la santé

Sulfure d'hydrogène est Extrêmement toxique (presque aussi toxique que le cyanure d'hydrogène) et 5 à 6 fois plus toxique que le monoxyde de carbone, le sulfure d'hydrogéné peut être détecté qu'à de faibles concentrations (1 à 50 ppm). Au-delà de 50 ppm, l'odorat est perdu après environ 15 minutes d'exposition.

Par conséquent, « NE VOUS FIEZ PAS À L'ODEUR POUR DÉTECTER LE H₂S ».

Le Sulfure d'hydrogène (H₂S) est irritant, asphyxiant et très toxique. Il irrite les yeux et la gorge à de faibles concentrations (30-150 ppm). À 500 ppm, il provoque des étourdissements et une perte de conscience en 20 minutes.

Des concentrations de 1 000 ppm de sulfure d'hydrogéné provoquent une perte de conscience immédiate et la mort s'ensuit rapidement à moins que la respiration artificielle et/ou un traitement à l'oxygène ne soient rapidement instaurés.

Appliqué (Tableau II.1). La mort peut survenir même si l'individu est immédiatement transporté à l'air frais.

L'empoisonnement au Sulfure d'hydrogène (H₂S) n'est pas cumulatif comme le mercure, le plomb ou la radioactivité. Des expositions courtes répétées n'auront pas le même effet qu'une exposition prolongée.

Il faut noter que les valeurs indiquées dans le tableau 3 sont approximatives pour la personne « moyenne ». Les réponses individuelles varieront selon :

- Fréquence d'exposition.
- Durée d'exposition.

- Intensité d'exposition.
- Âge.
- Forme et santé.
- Susceptibilités personnelles.

Par conséquent, ces valeurs ne doivent pas être considérées comme fixes mais comme maximales. Le principe lors du travail avec des matières dangereuses est le principe ALARA (C'est l'un des principes de base de la protection contre les rayonnements ionisants. L'objectif est de réduire la dose individuelle et collective au sein du personnel des entreprises de services nucléaires). Cela ne signifie pas essayer d'atteindre une « sécurité totale » ou ignorer les dangers identifiables ; mais une évaluation réfléchie du risque et la mise en œuvre d'actions appropriées pour éviter que des personnes ne subissent des effets sur leurs santé.

II.3.1.1 Les limites d'exposition

- La (PEL) pour le Sulfure d'hydrogène (H_2S) de (OSHA) est de 10 ppm pour la (TWA8) ou de 15 ppm pour la (STEL) en moyenne sur 15 minutes, par 29 CFR Partie 1910.1000.
- Récemment (ACGIH) a réduit ses limites d'exposition recommandées pour le H_2S , ils sont votés pour réduire la valeur de (TLV-TWA8) pour le Sulfure d'hydrogène (H_2S) de 10 à 1 ppm et sa (TLV-STEL) de 15 à 5 ppm.
- Les TLV de l'ACGIH reflètent le consensus de l'industrie sur le niveau d'exposition qu'un travailleur typique peut subir sans risque déraisonnable de maladie ou de blessure. Ces limites sont des normes volontaires et ne sont pas exécutoires lorsque les PEL et les limites de concentration réglementaires de l'OSHA le sont le plus actuellement disponibles. L'équipement de mesure et de surveillance du sulfure d'hydrogéné n'est pas précis dans la plage de 1 ppm.
- Le (NIOSH) considère une concentration de 100 ppm Le Sulfure d'hydrogène (H_2S) est (IDLH).
- Aux fins de ce plan d'urgence, les valeurs de concentration répertoriées dans 30 CFR 250.490 seront utilisées pour les limites de détection, d'alarme et d'action.[18]

II.3.1.2 Effets physiologiques

Lorsqu'une personne inhale du Sulfure d'hydrogène (H_2S), le gaz passe directement à travers les poumons et presque instantanément dans la circulation sanguine. Par une réaction d'oxydation, le H_2S est décomposé dans le corps en un composé inoffensif. Cependant, si l'individu respire de grandes quantités de sulfure d'hydrogéné, le processus d'oxydation est en retard sur le taux d'admission du gaz.

Le sulfure d'hydrogéné non oxydé s'accumule dans le sang et l'individu s'empoisonne. Le centre nerveux du cerveau qui contrôle la respiration est paralysé et le processus de respiration est interrompu. La mort est causée par asphyxie au niveau cellulaire. [9]

II.3.1.3 La susceptibilité à l'empoisonnement au Sulfure d'hydrogène

La susceptibilité à l'empoisonnement au Sulfure d'hydrogène (H_2S) dépend de quatre facteurs :

II.3.1.3.1 Durée

La durée pendant laquelle un individu est exposé à des concentrations non létales de Sulfure d'hydrogène (H_2S). Une exposition prolongée à de faibles concentrations de sulfure d'hydrogéné a un effet désensibilisant sur l'odorat. [9]

II.3.1.3.2 La fréquence

Combien de fois l'individu est exposé au sulfure d'hydrogéné. Des expositions à court terme étroitement répétées à de faibles concentrations peuvent entraîner une irritation chronique des yeux, du nez et de la gorge et des maux de tête, des étourdissements et des maux d'estomac. Même à des concentrations inférieures à 5 ppm, des changements métaboliques et une augmentation de l'anxiété ont été signalés chez les personnes qui font de l'exercice. [9]

II.3.1.3.3 Intensité

La concentration de l'exposition. Plus la concentration est élevée, plus l'effet physiologique est important. [9]

II.3.1.3.4 Susceptibilité individuelle

En fonction de la constitution physiologique de chacun. Des études montrent que les symptômes de l'exposition au Sulfure d'hydrogène (H_2S) varient considérablement en raison de la constitution physiologique individuelle. Le personnel peut être très sensible au sulfure d'hydrogéné pour des raisons de santé telles que les maladies pulmonaires et l'état mental de l'individu comme les crises d'angoisse. [9]

II.3.1.4 Tableau de toxicité de Sulfure d'hydrogène

Le tableau suivant montre des valeurs approximatives à titre indicatif. [9]

Tableau II-1 toxicité de Sulfure d'hydrogène

Volume (%)	Volume (ppm)	Milligrammes par mètre cube (mg/m³)	Caractéristiques typiques concernant l'exposition au sulfure d'hydrogéné
0.000013	0.13	0.18	Odeur évidente et désagréable généralement à 0,13 ppm et assez perceptible à 4,6 ppm. Au fur et à mesure que la concentration augmente, l'odorat se fatigue, le gaz ne peut plus être détecté par l'odeur. Souvent appelé seuil inférieur d'odeur.
0.001	10	14.41	Odeur désagréable. Irritation oculaire possible. OSHA PEL-TWA8 (voir
0.0015	15	21.61	OSHA STEL averaged over 15 min.
0.002	20	28.83	Sensation de brûlure dans les yeux et irritation des voies respiratoires après une heure ou plus d'exposition. Exige que des alarmes sonores et visuelles et d'autres mesures de sécurité soient utilisées lorsque le H ₂ S est présent à ou au-

			dessus de cette concentration
0.005	50	72.07	Perte de l'odorat après environ 15 minutes d'exposition ou plus. Une exposition de plus d'une heure peut entraîner des maux de tête, des étourdissements et/ou des étourdissements. Un œdème pulmonaire a été signalé à la suite d'une exposition prolongée à plus de 50 ppm. Une exposition à 50 ppm ou plus peut provoquer une grave irritation ou des lésions oculaires
0.01	100	144.14	Toux, irritation des yeux, perte de l'odorat après 3 à 5 minutes. Respiration altérée, douleur dans les yeux et somnolence après environ 15 à 20 minutes, suivies d'une irritation de la gorge après une heure. Seuil olfactif supérieur. Une exposition prolongée entraîne une augmentation de la sévérité de ces symptômes. Concentration considérée par le NIOSH comme

0.03	300	432.4	Concentration maximale à partir de laquelle on peut s'échapper en 30 minutes, sans subir d'effets nocifs ou irréversibles sur la santé si l'on ne respire pas l'air fourni.
0.05	500	720.49	Perte de conscience après une courte exposition, arrêt de la respiration si non traité rapidement. Vertiges, perte du sens du raisonnement et de l'équilibre. La victime aura probablement besoin d'une réanimation cardiorespiratoire (RCP) rapide.
0.07	700	1008.55	Inconscient rapidement. La respiration s'arrêtera et la mort en résultera si elle n'est pas secourue rapidement. Ventilation artificielle et/ou CPR nécessaires immédiatement.
0.10	1000	1400.98	Inconscient d'un coup. Des lésions cérébrales permanentes ou la mort peuvent en résulter.

			Sauvez rapidement et appliquez une ventilation artificielle et/ou un CPR.
0.10 - 0.15	1000 - 1500	1400.98 - 2090.808	Effondrement immédiat et mort après 2 minutes d'exposition
> 0.15	> 1500	> 2090.808	Mort immédiate

II.3.2 Impact Sur les matériaux et l'installation

La nature corrosive du sulfure d'hydrogéné a le potentiel de détruire les équipements coûteux de traitement du biogaz (Figure II.5).

Même s'il n'y a pas d'oxygène présent, le biogaz peut corroder le métal.

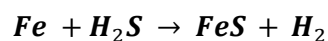
Le sulfure d'hydrogène peut devenir son propre électrolyte et s'absorber directement par le métal pour former de la corrosion.

Si la concentration en sulfure d'hydrogène est très faible, la corrosion sera lente mais se produira tout de même en raison de la présence de dioxyde de carbone.

Là où la corrosion se fait par des mécanismes, sulfure d'hydrogéné est un acide réducteur faible, soluble dans l'eau avec dissociation ionique



H₂S Attaque l'acier :



La couche Sulfure de fer (FeS) de l'acier n'est pas stable, elle est retirée de la surface de l'acier dans un environnement acide, formant à nouveau du Sulfure d'hydrogène (H_2S), favorisant la corrosion :

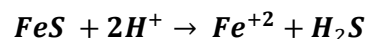




Figure II.5 Exemples de corrosion avec de l'hydrogène sulfuré [9]

II.3.3 Impact sur environnement

De même, le Sulfure d'hydrogène (H_2S) est hautement toxique pour les animaux par inhalation, L'impact négatif de ce gaz également sur la nature qu'il pollue la richesse de l'eau au. Sulfure d'hydrogéné conduit à l'élimination des animaux et du couvert végétal.

C'est aussi un gaz inflammable.

- Ce gaz est susceptible de former avec l'air, une atmosphère explosible, la limite inférieure d'explosivité est de 4 % en volume et la limite supérieure d'explosivité de 46 % en volume.
- Le risque d'incendie est élevé en présence d'une source de chaleur, la température d'auto-inflammation est de 250 °C

C'est ce qui le rend dangereux et nocif pour l'environnement

Parfois, les raffineries de pétrole sont obligées d'évacuer les gaz acides lorsque la pression atteint des niveaux inacceptables. Ce gaz évacué est brûlé pour consommer le sulfure d'hydrogéné et produire du dioxyde de soufre (SO_2) moins toxique, qui devient alors une pluie acide. La torche produit également 100 à 150 polluants non réglementés supplémentaires et gaspille l'énergie capturée dans le méthane contenant du sulfure d'hydrogéné. La plupart des raffineries aux États-Unis ne brûlent que dans des situations

d'urgence, mais dans le monde entier, dans les zones moins peuplées, c'est un moyen normal d'éliminer le gaz. Des exemples de fusées éclairantes sont illustrés à (Figure II.6).

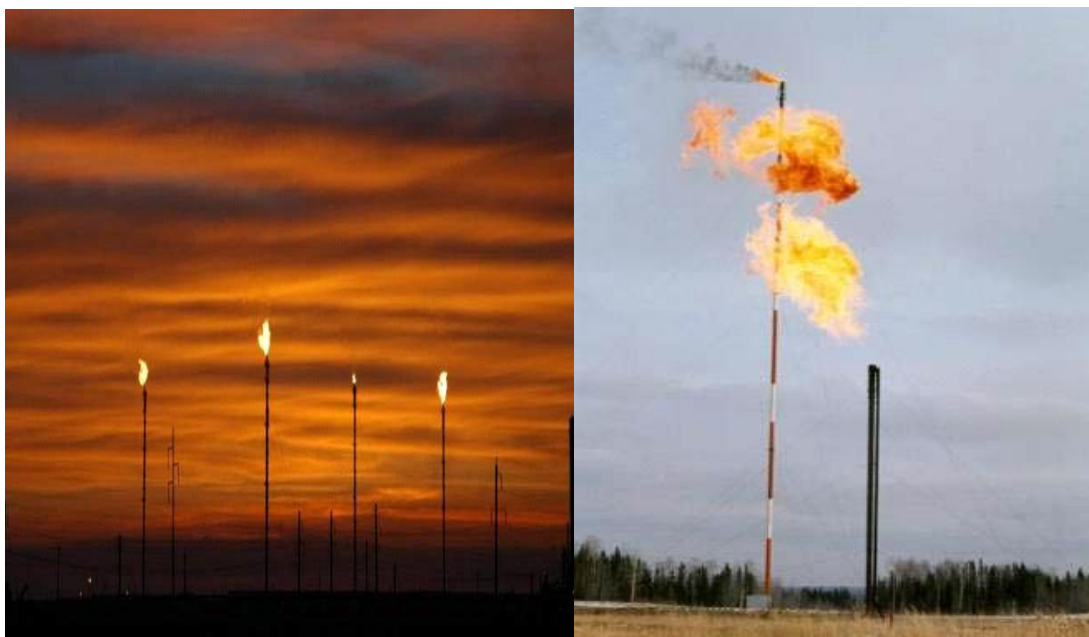


Figure II.6 Torches à gaz acide [20]

Les petits gisements de pétrole torcheront également leur gaz sulfureux lorsque des réglementations environnementales plus strictes n'existent pas et que l'économie ne justifie pas la récupération du gaz. Cela se produit lorsque le pétrole est produit dans des zones sans infrastructure gazière ou marché du gaz à proximité, et on estime qu'il entraîne le rejet de 390 millions de tonnes de dioxyde de carbone par an, soit environ 1,5 % des émissions anthropiques de dioxyde de carbone (CO₂).[21]

Un autre problème lié au torchage est qu'il ne conduit souvent pas à une combustion complète, ce qui libère des gaz à effet de serre et des polluants exceptionnellement puissants dans l'environnement. Alberta recherche Council a conclu que les torchères ne brûlaient que 62 % à 84 % des gaz en raison de l'effet des vents de travers et d'un fonctionnement instable. [22]

Se produit également pour les gaz non corrosifs, dans de nombreuses situations en Afrique, dans l'ex-URSS, au Moyen-Orient et en Asie, c'est la seule solution pour les gaz corrosifs.

II.4 Prévention et protection contre le Sulfure d'hydrogène

II.4.1 Prévention

II.4.1.1 Prévention générale

Les gaz asphyxiants constituent l'un des risques chimiques professionnels toxiques les plus aigus : le niveau extrêmement élevé de dangerosité du travail en présence de gaz asphyxiants industriels, notamment en milieu confiné, impose à l'employeur de réaliser un inventaire des espaces et postes de travail concernés et un programme décrivant toutes les actions à entreprendre pour effectuer des travaux dans un tel milieu, avant et pendant l'intervention, ainsi que les procédures d'évacuation en cas d'accident.

Ici, il abordera les mesures générales et initiales les plus importantes à prendre pour éviter la survenue d'accidents du travail ou de dommages aux travailleurs (suffocation ou combustion) dans les endroits où l'hydrogène sulfuré gazeux est suspecté :

- Il convient de s'assurer que les travailleurs sont autorisés à pénétrer dans ces locaux, qu'ils sont formés pour y travailler en toute sécurité et qu'ils disposent des équipements de protection et de communication appropriés : information et formation régulières du personnel (notamment intérimaires et nouvelles recrues) sur les risques encourus, notamment dans des conditions d'exposition accidentelles, et sur les moyens de protection contre ceux-ci, sont essentiels.
- Doit s'efforcer de fournir une protection maximale aux employés lorsqu'ils se trouvent dans des endroits où le sulfure d'hydrogéné peut être généré. Seul le nombre minimum de personnel nécessaire pour effectuer les services de chantier ou de localisation sera affecté au chantier.
- Le responsable de la sécurité du site doit obtenir une autorisation préalable pour opérer dans une atmosphère sulfure d'hydrogéné connue. Les employés peuvent refuser de travailler dans une atmosphère connue de sulfure d'hydrogéné, et un tel refus ne portera pas atteinte à la position de l'employé au sein de l'entreprise.
- Chaque travailleur doit être informé des propriétés et des risques du sulfure d'hydrogène, des procédures de sécurité à suivre en cas de présence ou de suspicion, et des mesures de premiers secours recommandées.
- N'essayez pas de déterminer la présence de sulfure d'hydrogéné par son odeur. L'odorat est rapidement paralysé par le sulfure d'hydrogène.

- Si une zone est suspectée de contenir du Sulfure d'hydrogène (H_2S), assurez-vous d'effectuer des tests approfondis avant que des personnes n'entrent dans la zone. Assurez-vous également que tout le monde est assigné et savez où se trouve le respirateur.
- Les employés doivent faire attention les uns aux autres. Ils doivent toujours travailler par paires.
- Des panneaux d'avertissement doivent être utilisés pour avertir les personnes non informées.
- Une ventilation adéquate doit être maintenue pour diriger le gaz loin de la zone de travail si possible.
- Ne jamais entrer dans une zone fermée où le gaz sulfure d'hydrogéné peut s'accumuler sans équipement de protection respiratoire approprié. Si le travailleur se trouve à plus d'un bras, la ceinture de sécurité doit être attachée avec une corde d'assurance et tenue par une personne responsable visible.
- L'équipement de protection doit être facilement disponible pour ceux qui travaillent là où H_2S peut être présent.

II.4.1.2 Précautions de sécurité de l'emplacement

Les lieux de travail (sites de traitement des hydrocarbures) est considéré comme l'endroit le plus dangereux pour les travailleurs directement (présence de Gaz sulfure d'hydrogéné), et il est donc nécessaire de mettre l'accent sur la protection et la sécurité des travailleurs, et pour cela, nous divisons ces mesures en deux parties :

II.4.1.2.1 Mesures permanentes

Ce sont les mesures et les équipements qui doivent être fournis par le responsable de la sécurité, et ils sont fixes et conformes aux normes de sécurité internationales.

Où aménager et équiper le lieu de travail d'outils de prévention et de protection est l'une des mesures les plus importantes pour prévenir les accidents du travail, L'agent de sécurité doit surveiller la sécurité du chantier où il travaillera en appliquant plusieurs mesures primaires pour assurer la sécurité des travailleurs, dont les plus importantes sont :

- S'assurer que toutes les personnes invitées à travailler sur le site connaissent parfaitement l'utilisation, l'entretien et la maintenance des équipements de protection individuels et des unités d'air respirable.

- Tous les équipements de sécurité doivent être installés et les procédures d'exploitation et de sécurité pleinement mises en œuvre.
- Placez au moins deux zones de signalisation sur des plates-formes à un emplacement de sorte qu'au moins une zone soit sous le vent du trou à tout moment. Si les vents dans la zone sont très variables, plus de deux zones d'enceinte peuvent être nécessaires (des brise-vent, des banderoles ou des girouettes sont nécessaires pour indiquer la direction du vent).
- Fournir un équipement de protection de la plate-forme de forage dans la zone de briefing. Cet équipement comprendra des masques à air frais (Figure II.8), des trousse de premiers soins, des extincteurs (poudre) (Figure II.7), des brancards, des détecteurs de Sulfure d'hydrogène (H_2S) et des réanimateurs. Des détecteurs Sulfure d'hydrogène (H_2S) et un capteur Sulfure d'hydrogène (H_2S) portable avec alarme seront installés sur les planchers de forage.



Figure II.7 Extincteur de poudre



Figure II.8 Appareil respiratoire ARI

- Utilisation de chaussettes à air ou de panneaux pour indiquer la direction des vents à plusieurs altitudes (par exemple, au sommet de la tour de forage à partir du niveau de la planche à singe, au niveau du sol de la tour et à 2 à 3 mètres au-dessus du niveau de la mer) (Figure II.9). Un anémomètre est recommandé pour déterminer la vitesse du vent (Figure II.10).



Figure II.9 Suppression du vent

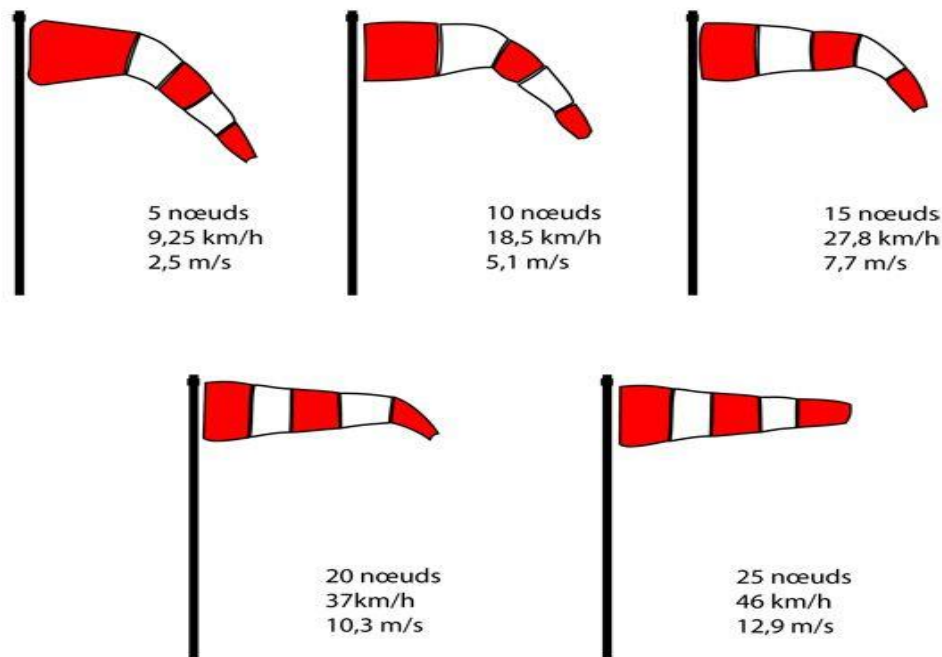


Figure II.10 Vitesse du vent selon la forme de suppression du vent

- Un système d'alarme doit être installé qui peut être entendu pendant les opérations et peut être activé à partir de plusieurs points en cas de détection de gaz. Lorsque l'alarme retentit, les employés doivent porter des masques et rejoindre le plus rapidement possible la zone de briefing sécurisée désignée.
- Stocker un approvisionnement adéquat en produits chimiques utilisés pour le traitement du sulfure d'hydrogéné sur site.
- L'alimentation en air comprimé doit être identifiée et disponible 24h/24 en cas d'urgence.
- Préparation du site avec un système de ventilation.
- Choisir des points de rassemblement (au moins 2) relativement élevés par rapport aux emplacements de gaz et distants d'au moins 75 mètres. (Figure II.11).

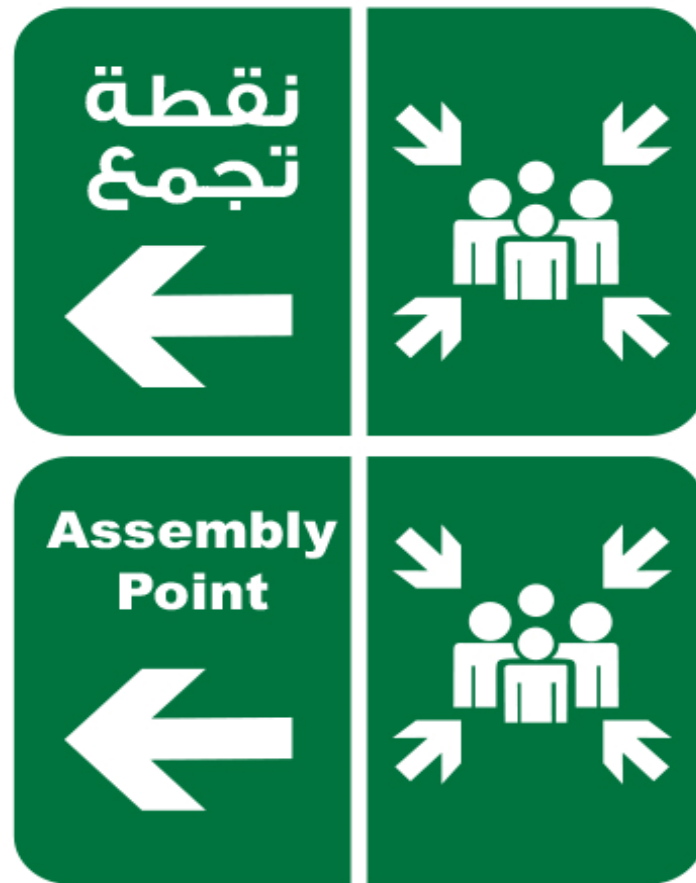


Figure II.11 Plaque de point de rassemblement

- Mettre des panneaux indiquant le danger dans la zone. (Figure II.12).



Figure II.12 Panneaux indiquant le danger

- Placer des panneaux et fournir des conseils pour clarifier les voies d'évacuation lors d'incidents d'exposition au gaz. (Figure II.13)



Figure II.13 Plaque de direction de sortie

- Réglage du drapeau d'alerte en fonction des conditions selon API, Et ce sera la suite :

Il existe des conditions dangereuses pour travailler dans une atmosphère contenant du sulfure d'hydrogène gazeux :

- ❖ Non dangereux et ne nécessite pas d'équipement de protection.
- ❖ Faible : La concentration en sulfure d'hydrogène est inférieure à 10 ppm Le drapeau vert est placé et les dispositifs de protection restent à la demande et faciles à manipuler.
- ❖ Danger moyen : La concentration en sulfure d'hydrogène est supérieure à 10 et inférieure à 30 Le drapeau jaune est placé sur les limites de danger et le fonctionnement des systèmes d'avertissement visuels et sonores et des détecteurs automatiques fonctionnels et visibles, et assurant la survie des équipements de protection individuelle, fournitures d'oxygène et équipement de premiers secours à haut niveau de préparation.
- ❖ Risque élevé : la concentration de sulfure d'hydrogène est supérieure à 30 Le drapeau rouge est placé à une distance de 170 mètres du site et sur chaque route menant au site avec la volonté d'entrer dans une situation d'urgence et des restrictions d'entrée sur le site (personnes formées et moyens de transport équipés) et exploitation Systèmes d'alerte visuelle et sonore, détecteurs et équipements d'urgence à haute disponibilité.

Les étalonnages API permettent d'effectuer tout travail efficace de production pétrolière à des niveaux dépassant le seuil de sensibilité, c'est-à-dire au-dessus de la normale.

II.4.1.2.2 Mesure de routine

En plus des équipements permanents de sites de traitements des hydrocarbures, mais avant d'entrer sur le chantier et d'effectuer des travaux dans des lieux contenant des gaz toxiques ou de l'hydrogène sulfuré gazeux notamment. Le superviseur de la sécurité et les travailleurs doivent prendre certaines mesures de routine nécessaires pour éviter l'échec du plan de sécurité, à savoir :

- La présence du responsable de la sécurité et son suivi de la situation.
- Organisez une réunion simple au cours de laquelle le responsable de la sécurité rappelle aux travailleurs les procédures de sécurité et informe les travailleurs des zones de rassemblement, des emplacements d'avertissement, des emplacements des cônes de vent et des voies d'évacuation et insiste sur le port d'équipements de sécurité.
- Connaître la direction du vent.
- Utiliser le système de compagnonnage pour former des équipes de travail (au moins deux travailleurs par équipe) où chaque membre de l'équipe peut surveiller et fournir une assistance à un autre membre en cas d'urgence.
- Assurez-vous que tous les compteurs de gaz et dispositifs d'alarme (audio et visuel) fonctionnent.
- Assurez-vous que chaque travailleur dispose d'un détecteur de gaz personnel.
- Examiner les respirateurs et vérifier qu'ils sont exempts de tout problème qui entrave leur travail (fissures du masque facial ou blocage des tuyaux d'oxygène).
- Vérifiez les bouteilles d'oxygène et assurez-vous qu'elles sont pleines.
- Présence d'ambulanciers paramédicaux et de médecins parfaitement formés aux techniques de secours et équipés de tout le matériel nécessaire aux opérations de secours, prêts à intervenir en cas d'urgence.
- Assurez-vous qu'il n'y a rien qui génère une étincelle ou qui puisse faire s'enflammer le gaz.
- Une personne qualifiée (celle qui a réussi le cours d'inspection de gaz et possède un certificat d'examen) doit faire les tests de gaz pour détecter le pourcentage exact de gaz pour connaître les procédures à suivre selon le pourcentage obtenu.

- Surveillance de la concentration de gaz pendant des périodes variables tout au long de la période de laboratoire.

II.4.1.3 Approbation médicale

Le personnel travaillant sur des sites potentiels de sulfure d'hydrogène doit être examiné par un médecin pour s'assurer qu'il ne présente pas de défauts médicaux qui pourraient compromettre sa santé ou ses performances lors d'une exposition potentielle au sulfure d'hydrogène. Le test comprendra votre cœur, votre tension artérielle, votre état pulmonaire, votre état de santé général et tout problème psychologique. Le port et l'utilisation d'un respirateur sont soumis à une approbation médicale.

L'agrément médical est renouvelé périodiquement si nécessaire.

Un employé ne peut être affecté à un site de puits dangereux si l'examen révèle une condition physique très grave.

II.4.1.4 Entraînement d'employé

Une formation approuvée par le service de sécurité régional sera exigée de tous les employés avant leur affectation à un site sulfure d'hydrogène. Le responsable régional de la sécurité ou son représentant peut dispenser la formation requise. La formation comprendra :

- La reconnaissance des caractéristiques physiques et des dangers associés au gaz.
- L'utilisation, l'entretien et le stockage appropriés de l'équipement respiratoire, et les dispositifs de détection à utiliser à des fins de travail ou d'évasion.
- Connaître les emplacements des équipements d'extinction d'incendie et comment les utiliser.

Toutes les personnes affectées à des travaux sur place seront parfaitement familiarisées avec l'utilisation et l'entretien des Équipements de protection individuelle, unités d'air respirable, équipements de détection de gaz et trousse de premiers secours.

- Le nouveau personnel de service doit être endoctriné sur l'emplacement et l'utilisation de l'équipement de protection individuels avant de commencer le travail.

II.4.1.5 Détecteurs de Sulfure d'hydrogène

L'inhalation de gaz de sulfure d'hydrogène entraîne une perte de la capacité à sentir, une condition appelée fatigue olfactive. Pour cette raison, avertit que l'odorat ne doit pas être utilisé comme méthode de détection et qu'un détecteur de gaz doit être utilisé comme premier maillon d'une barrière de sécurité équipée pour détecter les fuites de sulfure d'hydrogène en mesurer la concentration de gaz en un seul point. Ces appareils assurent la sous-fonction de sécurité de "détection de gaz".

Où ils sont divisés en deux types.

II.4.1.5.1 Détecteurs fixes

Des détecteurs fixes sont montés autour du lieu de travail où des sources de sulfure d'hydrogène sont présentes ou dans des zones où le sulfure d'hydrogène peut s'accumuler (Figure II.14). Un ou deux capteurs peuvent être attachés à chaque station de détection. Les stations sont montées dans des zones ouvertes et surveillent en permanence le sulfure d'hydrogène dans l'atmosphère de la zone de travail.

De plus, chaque station peut avoir une alarme sonore ou visuelle, ou les deux. Les détecteurs sulfure d'hydrogène fixes doivent initier des réponses à deux concentrations différentes pour les alarmes d'avertissement et pour l'initiation de l'action exécutive.

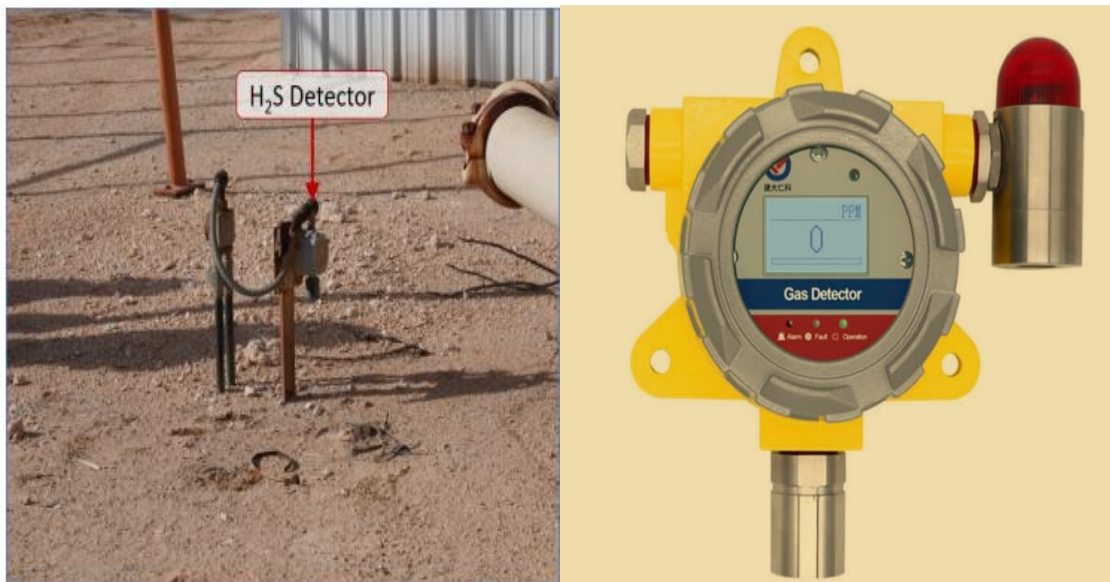


Figure II.14 Exemples de Détecteurs fixe [23]

II.4.1.5.2 Détecteurs portatifs

Les détecteurs portatifs de gaz (Figure II.15) détectent la moindre fuite de gaz (1 ppm) et émettent une alarme sonore et optique réagissant immédiatement lorsque la concentration de gaz dépasse les seuils d'alarme préétablis.

Où il doit répondre à plusieurs critères, notamment :

- Les détecteurs portables de Sulfure d'hydrogène doivent être capables de détecter 0 à 100 % LEL de sulfure d'hydrogène.
- Le détecteur portatif de sulfure d'hydrogène doit avoir une alarme audio-visuelle intégrée. L'alarme doit être réglable sur toute la plage de détection des détecteurs de gaz.
- Les détecteurs portables de sulfure d'hydrogène doivent fonctionner sur batterie, les batteries doivent être rechargeables.
- Le détecteur portable de sulfure d'hydrogène doit être capable de générer une alarme "Batterie faible".
- Les détecteurs portables de sulfure d'hydrogène doivent également inclure des accessoires tels qu'une mallette de transport, un adaptateur d'étalonnage, un kit de charge, etc.



Figure II.15 Exemples de Détecteurs portatifs [25]

II.4.2 Protection**II.4.2.1 Mesures de protection en présence de gaz Sulfure d'hydrogène**

Malgré le soin intense que le travail se déroule sans accident, en fait, les lieux de travail pétroliers ne sont pas exempts d'accidents. Dans certains cas, au début du travail, les travailleurs sont surpris par les sons des alarmes des détecteurs de gaz, et afin de ne pas distraire les travailleurs dans ces cas, et considérant qu'il n'y a pas de place à l'erreur, un plan de sécurité doit être fourni pour sortir des lieux touchés avec le moins de dégâts possible, les travailleurs doivent connaître les procédures nécessaires dans ces accidents, qui se présentent sous la forme d'un plan dont les étapes sont représentées par :

- Arrêtez immédiatement de travailler et prévenez vos collègues.
- En cas d'odeur d'œufs pourris, la respiration doit être supprimée jusqu'à ce que le masque à oxygène soit porté (si possible).
- Dimensions des causes d'incendie ou d'étincelle.
- Recherchez le panneau d'avertissement de gaz de sulfure d'hydrogène pour déterminer l'emplacement de la fuite ou l'emplacement de l'émission de gaz.
- Vérifiez la direction du vent.
- Si vous êtes près ou sous le vent de la zone touchée, portez le SCBA et évacuez la zone touchée en remontant le vent autant que possible et en vous déplaçant vers un terrain plus élevé.
- Appuyez sur le bouton d'avertissement (si possible) pour avertir les autres travailleurs de la nécessité d'arrêter le travail et d'évacuer les lieux. [1,2,26]
- Informer le personnel concerné (salle de contrôle) et communiquez toutes les informations pertinentes que vous pourriez avoir, y compris l'emplacement et le nombre de victimes, et indiquez-leur de quelle aide vous avez besoin. S'il y a des personnes qui souffrent de suffocation au gaz de sulfure d'hydrogène, vous devez prendre les précautions nécessaires pour vous protéger avant de sauver la victime en portant un appareil respiratoire autonome et des vêtements de protection.
- Transférez immédiatement la victime de l'atmosphère saturée de gaz toxique à l'air frais (au vent), tout en libérant le corps des vêtements compressifs.

- Tous les patients exposés au sulfure d'hydrogène gazeux Sulfure d'hydrogène (H_2S) doivent être référés directement à des soins médicaux [1,2,26]

Remarque

Parfois, les travailleurs sont tenus de travailler dans des endroits qui contiennent des quantités de sulfure d'hydrogène gazeux, et dans ce cas :

- Lorsqu'il existe une possibilité d'exposition limitée dans le temps et à une concentration admissible ou non dangereuse (inférieure à 5 ppm), l'écran facial ne peut être utilisé qu'avec des lunettes de protection et d'isolation.
- Lorsqu'il y a une possibilité d'exposition à plus de 5 ppm des appareils qui couvrent tout le visage avec un système d'assurance à air comprimé sont utilisés.
- Lorsqu'il existe une possibilité d'exposition à une concentration moyenne (10.30 ppm) un masque respiratoire complet et isolé est utilisé avec un système d'assurance air comprimé et une réserve de laboratoire avant d'entrer dans le secteur pollué, en tenant compte du pourcentage d'oxygène restant dans la bouteille d'oxygène.
- Lorsqu'il existe une possibilité d'exposition à une concentration supérieure à 100 ppm, les travailleurs ne sont pas autorisés à pénétrer dans le secteur pollué, car seul le personnel de secours est autorisé à entrer, et cela doit être fait en utilisant un appareil respiratoire entièrement autonome (SCBA).[2]

II.4.2.2 Premiers secours

En raison de l'effet dangereux et rapide du sulfure d'hydrogène gazeux sur les personnes exposées à l'inhalation de ce gaz Par conséquent, il peut ne pas être possible de sauver la personne blessée en la transférant à la clinique médicale la plus proche à moins qu'elle ne soit immédiatement secourue sur le lieu de travail avant son transfert à la clinique médicale ou en appelant le médecin.

Par conséquent, des réanimateurs à oxygène doivent être fournis dans les zones d'opérations où il y a un pourcentage élevé de sulfure d'hydrogène gazeux en prévision de toute urgence - avec une formation de tous les travailleurs de ces zones sur la façon d'utiliser ces appareils et comment fournir les premiers soins en cas quiconque est exposé à ce gaz.

Si quelqu'un est exposé au sulfure d'hydrogène gazeux, les mesures suivantes doivent être prises immédiatement :

- Amener immédiatement la victime à l'air frais, loin de la source de gaz.
- Si la respiration de la victime s'est arrêtée, commencer immédiatement la respiration artificielle pour elle et sans ralentir ni s'arrêter jusqu'à ce qu'elle revienne.

Le patient doit pouvoir respirer normalement ou jusqu'à l'arrivée du médecin.

Dans de tels cas, il est préférable d'utiliser des appareils à oxygène pour sauver rapidement la vie du patient.

- Essayez de garder la victime au chaud jusqu'à ce qu'elle soit transférée à la clinique ou à l'hôpital le plus proche.
- Si le Gaz liquéfié touche le corps de la victime : éloigner rapidement la victime de la source de contamination. Ne pas tenter de réchauffer la zone affectée sur place. Ne pas frotter la zone ni appliquer de chaleur directe. Retirez délicatement les vêtements ou les bijoux qui peuvent restreindre la circulation. Découpez soigneusement autour des vêtements qui collent à la peau et retirez le reste du vêtement. Couvrir lâchement la zone affectée avec un pansement stérile. Ne pas permettre à la victime de boire de l'alcool ou de fumer. Appeler immédiatement un centre antipoison ou un médecin. Un traitement est nécessaire de toute urgence. Transport vers un hôpital. Double sac, sceller, étiqueter et laisser les vêtements, chaussures et articles en cuir contaminés sur les lieux pour une élimination sûre.
- Si le gaz touche les yeux de la victime : rincer immédiatement les yeux contaminés avec de l'eau tiède à faible débit pendant 15 à 20 minutes, tout en maintenant les paupières ouvertes. Gaz liquéfié : rincer immédiatement et brièvement avec de l'eau tiède à faible débit. N'essayez pas de réchauffer. Couvrir les deux yeux avec un pansement stérile. Ne pas permettre à la victime de boire de l'alcool ou de fumer. Appeler immédiatement un centre antipoison ou un médecin. Un traitement est nécessaire de toute urgence. Transport vers un hôpital.

Commentaires sur les premiers soins : Certaines des procédures de premiers soins recommandées, là-bas nécessitent une formation avancée en secourisme. Toutes les procédures de premiers secours doivent être revues périodiquement par un médecin familiarisé avec le produit chimique et ses conditions d'utilisation sur le lieu de travail.[3]

CHAPITRE III

Retour d'expérience

(Rapport d'investigation)

**Décès d'un agent exploitant en présence du
gaz H₂S**

III. Retour d'expérience (Rapport d'investigation)

Décès d'un agent exploitant en présence du gaz H₂S

III.1 Localisation d'incident

L'accident s'est produit à la station d'injection d'eau Foster D, qui est exploitée par Aghorn Operations Inc. (Aghorn) à Odessa, Texas, États-Unis (Figure III.1). L'usine reçoit de l'eau précédemment produite à partir du processus de séparation, un sous-produit de l'extraction de pétrole dans la région, à partir d'environ 68 puits de pétrole brut dans le champ Foster dans le bassin permien. (Figure III.2).

L'usine est utilisée pour réinjecter l'eau produite dans le puits de pétrole afin d'améliorer l'extraction de pétrole des réservoirs de pétrole souterrains. (Figure III.3).



Figure III.1 Situation géographique du Aghorn Energy



Figure III.2 Station d'injection d'eau Aghorn Foster D à Odessa, Texas

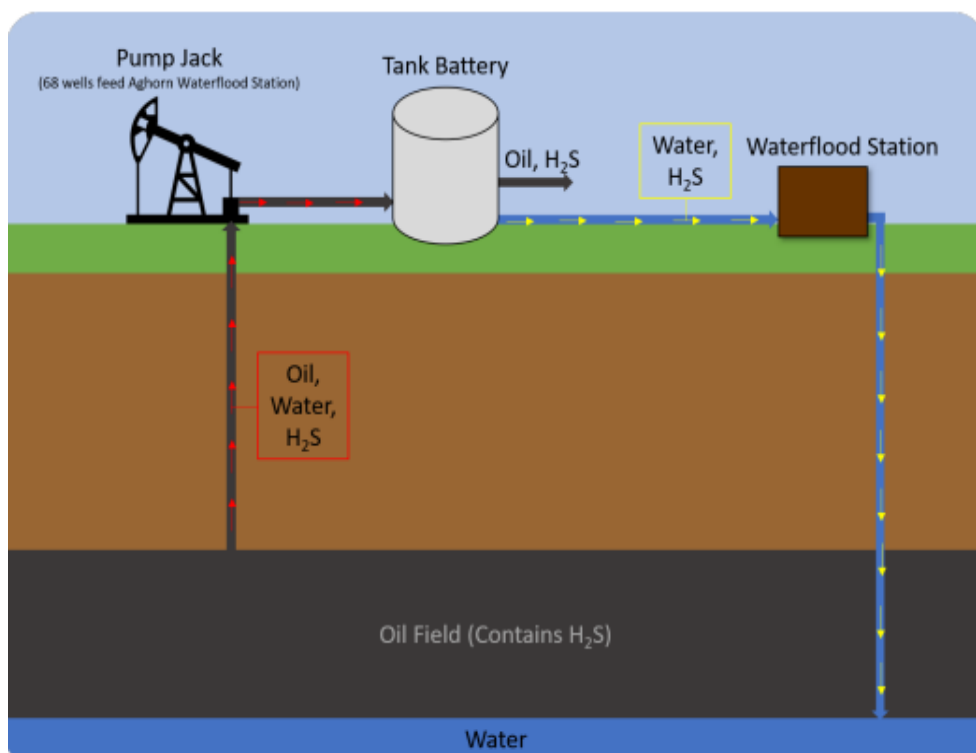


Figure III.3 Illustration simplifiée du processus d'inondation d'Aghorn.

III.2 Description de l'incident

III.2.1 Notification d'alarme initiale

Dans la soirée du 26 octobre 2019, après que l'ouvrier A ait visité la station d'écoulement d'eau, à 18 h 38, l'automate (PLC) a réglé l'alarme de niveau d'huile du carter de la pompe 1 sur le panneau de contrôle. Cinq minutes plus tard, à 18h43, le système téléphonique a envoyé un message vocal automatisé à l'agent A, qui se lit comme suit : "Alarm Alert Condition 3. Please acknowledge." L'état d'alerte d'alarme 3 indique un dysfonctionnement quelconque de la pompe. Pour déterminer l'alarme exacte, l'agent A a ensuite été invité à se rendre à la station d'écoulement d'eau et à contacter l'automate dans la salle de contrôle pour obtenir des informations plus détaillées sur l'alarme.

III.2.2 Réponse de la pompe

Le CSB a déterminé que les événements suivants se sont très probablement produits. Après avoir reconnu l'alarme, l'agent A s'est dirigé vers la station d'écoulement de l'eau. A son arrivée, il est descendu de son camion, sans apporter son détecteur H₂S, et est entré dans la station de pompage. A l'intérieur de la salle de contrôle, l'automate affiche l'alarme de niveau d'huile carter de la pompe n°1 (Figure III.4). L'agent A a ensuite tenté de fermer les vannes de procédé pour isoler la pompe n° 1 du système. À un moment donné la nuit de l'accident, la pompe s'est automatiquement mise en marche et de l'eau contenant du sulfure d'hydrogène s'est échappée de la pompe. En raison de limitations.

Selon les preuves disponibles, CSB n'a pas été en mesure de déterminer si une panne de pompe et une perte d'eau contenue produite (1) se sont produites avant que la pompe A n'atteigne l'installation, ou (2) se sont produites lorsque la pompe a été mise sous tension alors que la pompe A fermait les vannes pour isoler l'installation. Pompe.



Figure III.4 Écran de l'automate affichant l'alarme de niveau d'huile du carter de la pompe 1

III.2.3 Arrivée du conjoint de l'agent

Inquiète de ne pas avoir eu de nouvelles de son mari après plusieurs heures, la conjointe de l'agent A s'est rendue à l'établissement dans son véhicule personnel. Alors qu'elle se rendait à la station d'injection d'eau, elle a appelé l'agent B. Lorsque le conjoint de l'agent A est arrivé à l'installation, l'agent B lui a dit de vérifier le bâtiment d'entrée (Figure III.5), mais elle n'a pas vu l'agent A.

L'agent B lui a alors dit de vérifier dans la station de pompage. Alors qu'elle entrait dans la station de pompage, l'agent B a perdu le contact avec elle.

Après avoir perdu le contact avec le conjoint de l'agent A, l'agent B a appelé un autre employé d'Aghorn, un contremaître, et lui a demandé d'appeler le 911, ce qu'il a fait à 21h58.

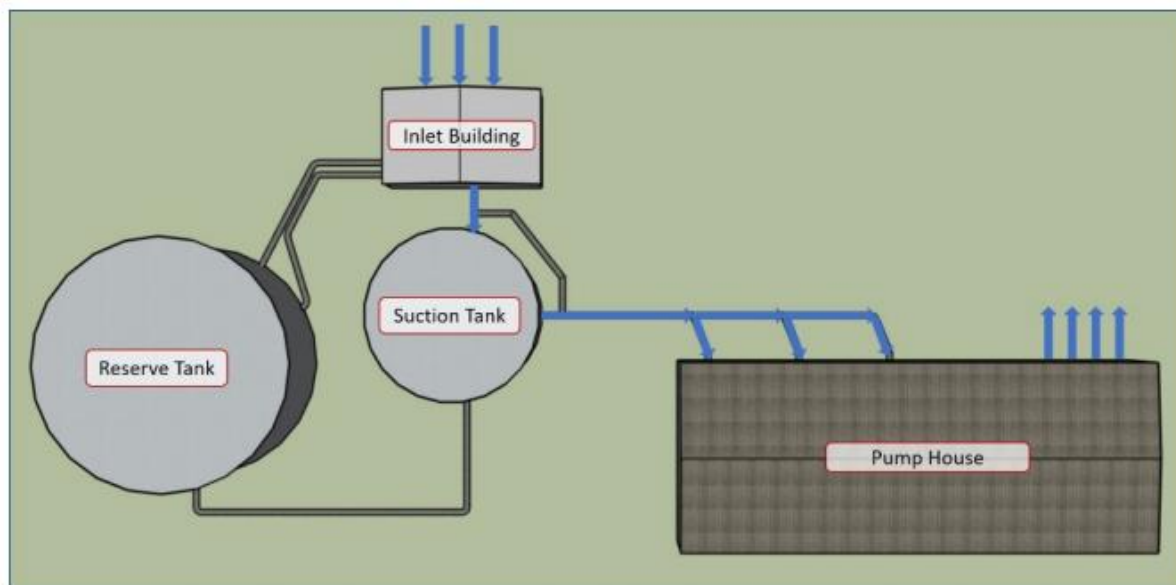


Figure III.5 Illustration de Foster D waterflood station

III.2.4 Réponse d'urgence

Les intervenants d'urgence ont reçu l'appel 911 de Foreman à 21 h 58 et ont envoyé une ambulance du service d'incendie d'Odessa à l'établissement, Arrivé à 22h04. Les ambulanciers ont commencé à sentir le sulfure d'hydrogène après avoir franchi le portail de l'autoroute, à mi-chemin entre l'autoroute et la station de pompage. Lorsqu'ils se sont approchés de la cheminée, il y avait une "très forte odeur" du sulfure d'hydrogène, et ils ont décidé de quitter les lieux. Lorsqu'ils se sont retournés, les phares de la voiture du mari se sont allumés et ils ont vu les deux enfants conscients sur le siège arrière. Comme l'odeur d'H₂S était très forte, ils ont conduit l'ambulance jusqu'à la route principale, avec l'intention de regagner la voiture immédiatement. L'un des ambulanciers a installé le centre de commandement des accidents sur la route principale (Figure III.6 astérisque rouge), l'autre a mis un appareil respiratoire autonome (ARA) et est retourné à la voiture (Figure III.6 astérisque doré). Lorsque l'ambulancier a atteint la voiture, il a ouvert la portière et a trouvé les deux enfants toujours conscients dans la voiture. Après avoir fait une vérification rapide autour de la zone et n'avoir vu personne d'autre, l'ambulancier a conduit la voiture jusqu'au lieu de l'accident pour mettre les enfants en sécurité.

Entre 22 h 09 et 22 h 24, plusieurs autres unités d'intervention d'urgence sont arrivées et ont été rassemblées au centre de commandement des accidents le long de la route principale. Lors de plusieurs entrées dans la station de pompage, les pompiers ont pris des détecteurs de gaz. À un moment donné, lorsqu'ils se sont approchés de la station de pompage, le détecteur a montré

des concentrations de sulfure d'hydrogène près de la station d'injection d'eau à 150 ppm, et d'autres mesures de H₂S ont dépassé ce que le détecteur pouvait mesurer.



Figure III.6 Emplacement du poste de commandement de l'incident (étoile rouge) et lieu de l'incident (étoile d'or)

Les employés d'Aghorn ont commencé à arriver sur les lieux. Un employé pouvait voir que la pompe n° 1 fonctionnait toujours et que de l'eau s'écoulait du berceau de la pompe (Figure III.7) Par téléphone, le vice-président d'Aghorn a ordonné aux employés de fermer les vannes pour isoler tous les puits reliés à la station d'inondation. Après être arrivé sur le site peu après 23h00, le vice-président d'Aghorn a alors ordonné aux employés d'arrêter les pompes. Pour arrêter la pompe 1, un employé d'Aghorn portant un SCBA est entré dans la salle de contrôle de la station de pompage et a mis l'interrupteur d'alimentation de la pompe 1 sur "off". De plus, le sectionneur de service électrique principal de la pompe 1 était toujours allumé, de sorte que l'employé a coupé le sectionneur de service électrique principal de la pompe 1.

Les employés ont quitté le site plus tard dans la nuit.



Figure III.7 Images de la pompe #1. (Crédit de gauche : CSB ; Crédit de droite : shérif du comté d'Ector)

Vers 9h00 le dimanche 27 octobre 2019, le vice-président d'Aghorn a ensuite rencontré Odessa Fire Rescue à la porte de la station d'inondation. Plusieurs pompiers ont enfilé un appareil respiratoire autonome et se sont dirigés vers la station d'inondation. Ils ont signalé qu'ils pouvaient encore voir de l'eau sortir de la pompe et qu'ils mesuraient des niveaux élevés de gaz sulfure d'hydrogène. Pour arrêter le débit d'eau, le vice-président a ordonné au service d'incendie de fermer la vanne au fond du réservoir d'aspiration (Figure III.8). Les pompiers ont fermé la vanne et l'eau a cessé de s'écouler de la pompe.

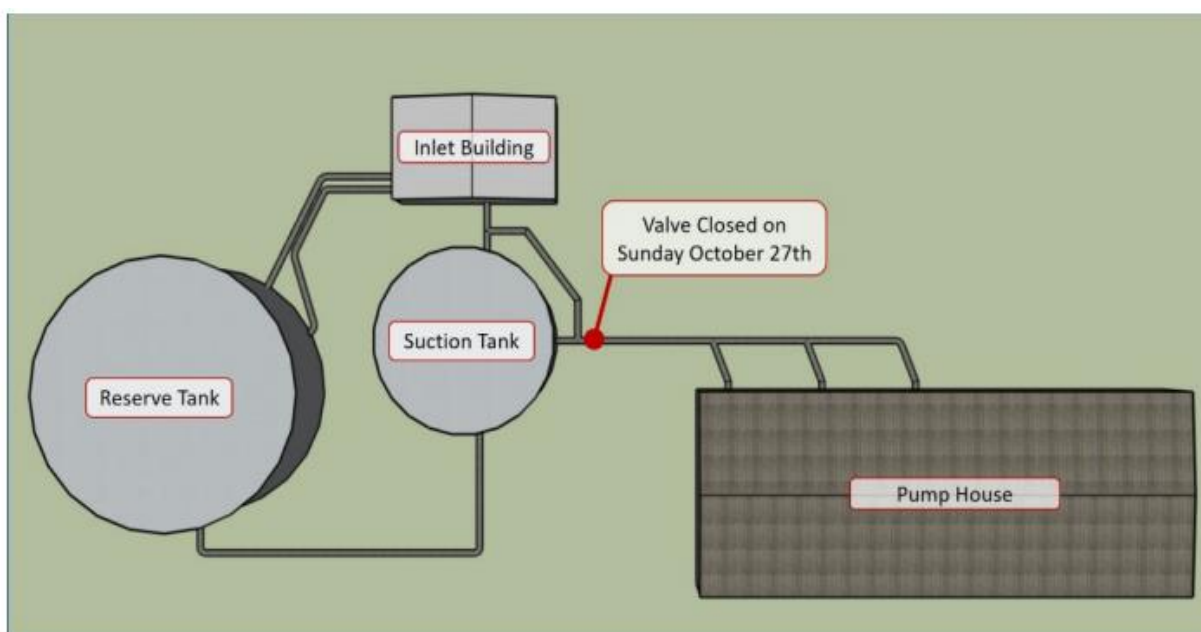


Figure III.8 Emplacement de la fermeture finale de la vanne qui a arrêté l'évacuation de l'eau de la pompe n° 1 défaillante.

III.3 Analyse d'incident.**III.3.1 Non-utilisation du détecteur personnel sulfure d'hydrogène**

Le CSB a découvert que le l'agent A ne portait pas son détecteur personnel de sulfure d'hydrogène lorsqu'il travaillait dans la station de pompage. Après l'incident, le détecteur a été retrouvé dans son camion de travail. Il était en état d'alarme, ce qui signifie qu'il avait détecté des niveaux dangereux de sulfure d'hydrogène.

Le CSB conclut que :

- Étant donné que l'équipement de la station d'injection d'eau contenait du sulfure d'hydrogène mortel, Aghorn aurait dû former ses employés, ce qui aurait dû permettre à l'agent A d'être conscient qu'un dysfonctionnement de l'équipement pourrait.

Indiquer un rejet de sulfure d'hydrogène :

- l'agent A ne portait pas son appareil personnel de détection de sulfure d'hydrogène lorsqu'il est entré dans l'installation, et il n'y a aucune preuve que la direction d'Aghorn ait exigé l'utilisation de ces appareils.
- Indépendamment du moment où la pompe est tombée en panne, si l'agent A avait porté son dispositif personnel de détection de sulfure d'hydrogène, il aurait pu être alerté du danger de H₂S et potentiellement avoir pu s'échapper avant de succomber au gaz toxique.
- Toutes les installations d'Aghorn où il est possible d'exposer des travailleurs ou des non-employés à des concentrations de sulfure d'hydrogène égales ou supérieures à 10 ppm bénéficieraient de l'utilisation obligatoire de la détection personnelle de sulfure d'hydrogène.

Dispositifs en tant que partie intégrante de la trousse d'équipement de protection individuelle (EPI) de chaque employé ou visiteur avant d'entrer à proximité de l'installation.

S'assurer que l'utilisation du détecteur est conforme aux spécifications du fabricant.

III.3.2 Non-execution du verrouillage

L'agent A n'a pas effectué de verrouillage pour désactiver la pompe n° 1 avant d'y effectuer des travaux.

Il a fermé la vanne de refoulement de la pompe n°1 et partiellement fermé la vanne d'aspiration de la pompe n°1 alors que la pompe était encore configurée pour être actionnée automatiquement par l'automate.

L'activation automatique de la pompe #1 par l'automate a permis à l'eau contenant H₂S à évacuer de la pompe.

Le CSB conclut que :

- Aghorn n'a pas respecté la réglementation OSHA 29 CFR 1910.147 - Le contrôle des énergies dangereuses Verrouillage pour s'assurer que l'équipement était isolé des sources d'énergie avant d'effectuer des travaux dessus.
- L'absence d'Aghorn d'un programme de verrouillage formalisé et complet a contribué à l'échec de la l'agent A à mettre hors tension la pompe n ° 1 avant d'y effectuer des travaux ;
- Si l'agent A avait verrouillé la pompe n° 1 avant d'y effectuer des travaux, le rejet important de H₂S et l'issue fatale de l'incident ne se seraient peut-être pas produits.
- Toutes les installations d'Aghorn doivent avoir un programme formalisé et complet de verrouillage, comprenant des politiques, des procédures et une formation, pour protéger les travailleurs contre les risques liés aux équipements sous tension, tels que l'exposition au H₂S.

III.3.3 Confinement du sulfure d'hydrogène à l'intérieur de la station de pompage

La station de pompage était ventilée par les deux portes de baie du côté est de la station de pompage (Figure III.9). La nuit de l'incident, ces portes étaient ouvertes à environ 60 %. Cependant, ces portes ouvertes et toutes les autres méthodes de ventilation disponibles n'ont pas suffisamment ventilé le gaz toxique sulfure d'hydrogène du bâtiment pendant l'incident, ce qui a contribué aux niveaux élevés de H₂S auxquels l'agent A et son épouse ont été exposés. En raison des limites des preuves disponibles, le CSB n'a pas été en mesure de confirmer si les ventilateurs d'extraction de la station de pompage fonctionnaient au moment de l'incident.



Figure III.9 Photos montrant les positions des portes de la baie.

Le CSB conclut que :

- Le système de pompage d'Aghorn pouvait fonctionner à l'extérieur, et au moment de l'incident, le confinement et une ventilation inadéquate ont permis au H₂S de s'accumuler à des niveaux mortels à l'intérieur de la station de pompage.
- Aghorn n'avait pas suffisamment d'appareils ou d'installations pour ventiler la station de pompage, et il n'y a aucune preuve de l'évaluation par Aghorn de la conception de l'installation pour assurer une ventilation adéquate.
- Toutes les installations où il existe un potentiel d'exposition des travailleurs à des concentrations de sulfure d'hydrogène égales ou supérieures à 10 ppm bénéficieraient d'une analyse complète de la conception de l'installation vis-à-vis des systèmes de ventilation et d'atténuation pour s'assurer que les travailleurs ne sont pas exposés à des niveaux de gaz toxiques.

III.3.4 Absence de programme de gestion de la sécurité

Le CSB a demandé à Aghorn "toutes les politiques et procédures écrites utilisées par Aghorn Operating". La réponse d'Aghorn comprenait.

- 1) une politique d'utilisation du téléphone portable.
- 2) une procédure d'appel d'alarme.
- 3) une politique et une procédure de verrouillage créées après l'incident.
- 4) un dépliant sur les dangers du sulfure d'hydrogène. Aghorn n'avait pas de politique ou de procédure formelle supplémentaire en matière de sécurité ou d'exploitation.

Décrit qu'Aghorn n'a pas respecté la réglementation OSHA 29 CFR 1910.147- Le contrôle du verrouillage des énergies dangereuses pour s'assurer que l'équipement était isolé des sources d'énergie avant d'effectuer des travaux dessus. De plus, Aghorn n'a pas non plus respecté 29 CFR 1910.1000 - Air Contaminants.

Qui oblige les employeurs à mettre en place des contrôles administratifs ou techniques pour minimiser ou éliminer le risque d'exposition des employés aux contaminants de l'air. Aghorn n'a pas réussi à se conformer à cette exigence à plusieurs niveaux, de l'évaluation de la conception et de la ventilation du bâtiment à la maintenance de l'infrastructure critique de détection et d'alarme, en passant par les procédures opérationnelles pour évaluer, hiérarchiser et atténuer les risques d'exposition au sulfure d'hydrogène.

Le CSB conclut que

- Aghorn n'a pas utilisé de principes de gestion de la sécurité solides pour traiter les risques associés au sulfure d'hydrogène à l'installation de la station d'injection d'eau Foster D.
- Aghorn manquait de procédures et de dossiers opérationnels, de formation, de test et de maintenance.
- Les pratiques complètes de gestion de la sécurité comprennent l'identification des risques, l'évaluation, l'atténuation et la surveillance de la conception, des procédures, de la maintenance et de la formation, et sont un élément essentiel de la protection.

Travailleurs et non-salariés des gaz toxiques dans les usines chimiques.

- Toutes les installations où il est possible d'exposer des travailleurs ou des non-employés à des concentrations de sulfure d'hydrogène égales ou supérieures à 10 ppm doivent être régies par un programme de gestion de la sécurité qui met l'accent sur la protection des travailleurs et des non-employés contre le gaz toxique sulfure d'hydrogène.

Tableau III-1 Air contaminants (OSHA)

29 CFR 1910.1000	OSHA 29 CFR 1910.147
L'exposition d'un employé à toute substance répertoriée dans les tableaux Z-1, Z-2 ou Z-3 de cette section doit être limitée dans	Le contrôle des énergies dangereuses verrouillage couvre les « pratiques et procédures nécessaires pour désactiver la machinerie ou l'équipement, empêchant ainsi la libération d'énergie dangereuse tandis que les employés effectuent des activités d'entretien et de maintenance

III.3.4.1 Possibilité d'améliorer la communication des dangers par les organismes de réglementation

L'OSHA exige que les employeurs élaborent, documentent, mettent en œuvre et appliquent des procédures de contrôle de l'énergie dans 29 CFR 1910.147 - Le contrôle du verrouillage des énergies dangereuses et exige des employeurs qu'ils mettent en œuvre des contrôles administratifs ou techniques pour minimiser ou éliminer le risque d'exposition des employés aux contaminants de l'air dans 29 CFR 1910.1000 – Contaminants de l'air. Aghorn ne respectant pas ces exigences réglementaires a contribué à l'incident.

Le CSB conclut qu'une meilleure communication des dangers qui ont contribué à cet incident, ainsi que les exigences réglementaires pour contrôler ces dangers, pourraient aider à prévenir de futurs incidents similaires.

Le CSB recommande à l'OSHA de publier un produit d'information sur la sécurité (tel qu'un bulletin de sécurité ou une alerte de sécurité) qui répond aux exigences de protection des travailleurs contre les contaminants atmosphériques dangereux et contre les énergies dangereuses.

III.3.5 Recommandations**III.3.5.1 Système Aghorn pour détection sulfure d'hydrogène et d'alarme**

Le CSB a testé le système de détection sulfure d'hydrogène et a constaté qu'aucun des détecteurs fonctionnels ne communiquait avec le panneau de contrôle de l'alarme situé dans la salle de contrôle. Certains des détecteurs de l'installation ont été réglés sur un mode de test, ce qui les a empêchés d'envoyer un signal d'alarme. D'autres capteurs correctement configurés n'ont pas pu envoyer de signal à la salle de contrôle. Par conséquent, la centrale n'a pas déclenché d'alarme H₂S la nuit de l'incident.

Le CSB a également demandé à Aghorn tous les dossiers de maintenance et d'étalonnage du système de détection et d'alarme sulfure d'hydrogène. Aghorn a répondu au CSB en déclarant qu'il n'avait trouvé aucun document pertinent.

Le CSB conclut que :

- Aghorn n'a pas entretenu ou configuré correctement son système de détection et d'alarme sulfure d'hydrogène de la station d'injection d'eau Foster D.
- Sans que le panneau d'alarme ne reçoive aucun signal des détecteurs, ni la balise lumineuse ni le système téléphonique n'ont alerté l'agent A de l'atmosphère dangereuse.

- Si Aghorn avait correctement entretenu et configuré le système de détection et d'alarme de sulfure d'hydrogène, et si de l'eau produite et du H₂S avaient été rejetés avant son arrivée, l'agent A aurait été informé de la présence de niveaux toxiques de sulfure d'hydrogène dans et autour de la station de pompage.
- Dans toutes les installations où il est possible d'exposer les travailleurs à des concentrations de sulfure d'hydrogène égales ou supérieures à 10 ppm, le système de détection et d'alarme sulfure d'hydrogène doit être correctement entretenu et configuré, et les entreprises doivent disposer d'un programme et d'un processus traitant de l'installation, de l'étalonnage, de l'inspection et de la maintenance. La formation et les opérations de routine.

III.3.5.2 Conception améliorée du système

III.3.5.2.1 Conception alternative

Un système d'alarme entièrement fonctionnel doit alerter les employés arrivant à l'installation de tout danger potentiel lié au soufre d'hydrogène. Le composant visuel du système Aghorn reposait sur une lumière qui s'allumait lorsque des capteurs détectaient un dégagement de soufre d'hydrogène. Cependant, une faiblesse de cette conception est qu'une défaillance d'un composant, telle qu'une ampoule grillée, pourrait indiquer à tort qu'une structure peut entrer en toute sécurité lors d'un dégagement de gaz toxique. D'autres conceptions évitent ce problème, par exemple, le rapport de recommandations provisoires DuPont de CSB décrit une structure qui utilise un système de détection qui ne repose pas sur une lumière pour s'allumer. Les systèmes de détection à l'intérieur de la structure de DuPont surveillent en permanence l'atmosphère. Si une fuite se produit et que l'atmosphère à l'intérieur est dangereuse pour les personnes, une alarme retentit et un voyant vert à l'extérieur de la porte, qui est normalement allumé en permanence, s'éteint pour indiquer qu'il n'est pas sûr d'entrer (Figure III.10).

Un panneau sur la porte indique "N'entrez pas si le feu vert est éteint". Lorsque la lumière est éteinte, les employés doivent supposer que l'environnement à l'intérieur du bâtiment n'est pas sûr. Les installations qui ne sont pas occupées en permanence, telles que la station d'injection d'eau Foster D, peuvent mettre en œuvre un système similaire à cette conception de DuPont. Si les employés arrivent à l'installation et que la lumière est éteinte, ils seraient tenus de traiter l'entrée dans la structure comme si le danger, tel que le soufre d'hydrogène, existait à des niveaux dangereux de l'autre côté de la porte.

L'installation de ce type de conception augmenterait considérablement la sécurité des installations où l'équipement traite des fluides toxiques.



Figure III.10 Une conception alternative du système de détection.

III.3.5.2 Plusieurs couches d'alertes

Les systèmes d'alarme sur le terrain utilisant à la fois des moyens visuels et sonores peuvent alerter plus efficacement le personnel du site d'une condition dangereuse. Le CSB conclut que :

- Le système de détection sulfure d'hydrogène et d'alarme sur le terrain d'Aghorn n'a pas été conçu avec plusieurs couches d'alertes, ce qui peut entraîner une défaillance en un seul point. Si le dégagement de sulfure d'hydrogène s'était produit après l'arrivée de l'agent A sur les lieux, le seul dispositif d'alerte restant n'aurait été mis en évidence que depuis l'extérieur de la station de pompage.
- Indépendamment du moment où l'eau produite et le sulfure d'hydrogène sont libérés, s'il y avait eu plusieurs couches d'alertes dans la conception du système de détection et d'alarme de sulfure d'hydrogène à l'installation, par exemple par des alertes visuelles et sonores à la fois internes et externes à la station de pompage, la pompe A aurait été averti d'un danger imminent.
- Même si le système d'alerte sulfure d'hydrogène sur le terrain avait été testé et opérationnel, comme prévu, il était très peu probable qu'il ait dissuadé l'épouse d'entrer dans l'établissement

ou l'ait avertie de la libération de produits chimiques dangereux qui pourraient menacer sa vie ou celle de ses enfants.

- Les alarmes sonores fournissent un avertissement supplémentaire des risques de gaz toxiques.
- Toutes les installations où il existe un potentiel d'exposition des travailleurs ou des non-employés dans le périmètre de l'installation à des concentrations de sulfure d'hydrogène égales ou supérieures à 10 ppm bénéficieraient de conceptions de systèmes de détection et d'alarme sulfure d'hydrogène qui emploient plusieurs couches d'alertes uniques au sulfure d'hydrogène, comme avec l'utilisation de supports sonores et visuels, afin que les travailleurs et les non-employés de tous les sites soient alertés d'un rejet important.

III.3.6 Sécurité du site déficiente

Lorsqu'un employé d'Aghorn travaille dans l'installation, les portes d'accès sont normalement laissées déverrouillées. Aghorn a déclaré que les portes étaient normalement verrouillées après que les employés aient quitté l'établissement. Les deux portes d'accès étaient ouvertes et déverrouillées la nuit de l'incident alors que l'autopompe A se trouvait sur les lieux. Parce que les portes étaient ouvertes, le conjoint ont été particulièrement peu susceptibles de voir les panneaux d'avertissement sulfure d'hydrogène car ils étaient corrodés et elle est arrivée dans des conditions nocturnes. La dernière ligne de défense aurait été de sécuriser le périmètre.

Les portes non verrouillées ont permis au conjoint de l'agent A de se rendre à la station d'injection d'eau et d'entrer dans la station de pompage, où elle a été exposée au gaz toxique H₂S.

- **Méthodologie d'évaluation des risques de sécurité pour les industries pétrolières et pétrochimiques (ANSI/API Standard 780)**

Le principe de cette norme est que les risques de sécurité doivent être gérés dans le cadre d'un processus basé sur les risques et axé sur la performance afin d'assurer la sécurité des actifs et la protection du public, de l'environnement, des travailleurs et de la continuité de l'activité.

L'utilisateur définit un certain nombre de scénarios crédibles pour produire une estimation représentative du risque. Ensuite, l'utilisateur doit considérer les cinq stratégies de base suivantes lors de la réalisation de l'analyse et de l'évaluation de l'adéquation des contre-mesures.

1) Dissuader—Une stratégie de contre-mesures qui vise à prévenir ou à décourager l'occurrence d'une violation de la sécurité au moyen de la peur ou du doute.

Les éléments de sécurité physique tels que les panneaux d'avertissement, les lumières, les gardes en uniforme, les caméras et les clôtures sont des exemples de contre-mesures visibles qui assurent la dissuasion en plus de leur objectif principal de sécurité.

2) Détecter : stratégie de contre-mesures destinée à identifier une menace tentant de commettre un événement de sécurité afin de fournir une observation en temps réel ainsi qu'une analyse post-incident des activités et de l'identité de la menace. Les patrouilles, les systèmes d'alarme et les caméras de télévision en circuit fermé (CCTV) en sont des exemples.

3) Retard—Une stratégie de contre-mesures qui vise à fournir diverses barrières pour ralentir la progression d'une menace en pénétrant un site pour empêcher une attaque ou un vol, ou en quittant une zone restreinte pour aider à l'interdiction. Les exemples incluent les points de contrôle d'accès, les serrures de porte et les barreaux aux fenêtres.

4) Répondre—L'action de réagir à une activité malveillante détectée. Cela peut inclure des activités visant à interdire, à prévenir des dommages ou des pertes futures ou à contrôler l'incident. Les forces de protection, les plans d'intervention et les systèmes d'arrêt d'urgence en sont des exemples typiques.

5) Récupération—Moyens tels que la redondance ou la résilience pour atténuer les effets de l'événement de sécurité et poursuivre ou rétablir rapidement les opérations avec un minimum de dommages collatéraux, de temps d'arrêt et d'autres impacts. Les serveurs de sauvegarde, les équipements de rechange à long délai de livraison ou la capacité supplémentaire sont des exemples de capacité de récupération.

- **Méthodologie du plan de sécurité des installations pour les industries du pétrole et du gaz naturel**

L'installation doit utiliser plusieurs systèmes de sécurité travaillant ensemble pour former une approche en couches de la sécurité qui peut inclure des contre-mesures, telles que des clôtures de périmètre, des zones réglementées désignées, des barrières, la télévision en circuit fermé (CCTV), des capteurs de détection d'intrusion et des points d'accès contrôlés.

Les zones dégagées et les observations visuelles sont les premières couches de défense de l'installation en marquant les limites de l'installation, en fournissant un moyen de dissuasion

psychologique décourageant les personnes non autorisées d'entrer dans l'installation et en offrant un délai temporaire à ceux qui essaient.

Des portes bien conçues, associées à la clôture périphérique, acheminent les véhicules et les piétons vers un nombre limité de points de contrôle d'accès où leur identité peut être vérifiée avant qu'ils ne soient autorisés à accéder à l'installation.

Toutes les portes doivent être sécurisées ou surveillées à l'aide de main-d'œuvre ou de vidéosurveillance. L'installation doit limiter le nombre de portes au nombre nécessaire pour exploiter l'installation en toute sécurité.

Toutes les portes inutiles doivent être supprimées et remplacées par la clôture périphérique.

Conclusion

Le CSB a déterminé que la cause probable de l'incident était le défaut d'Aghorn d'imposer à l'opérateur l'utilisation de détecteurs personnels de soufre d'hydrogène lorsqu'il se trouvait à proximité d'équipements ou d'installations susceptibles de libérer du soufre d'hydrogène, et le défaut d'Aghorn de développer, de former sur , et appliquez les procédures de verrouillage qui ont conduit l'agent A à effectuer des travaux sur une pompe alors qu'elle était encore sous tension. La conception physique et opérationnelle de l'installation d'Aghorn, qui ne permettait pas une ventilation adéquate du gaz toxique H₂S à l'intérieur de la station de pompage, et le programme de gestion de la sécurité déficient d'Aghorn ont contribué à l'incident. L'incapacité d'Aghorn à entretenir et à configurer correctement le système de détection et d'alarme de soufre d'hydrogène du site a également probablement contribué à l'incident. La mauvaise sécurité du site d'Aghorn a contribué à la gravité de l'incident, ce qui a permis au conjoint de l'agent A d'accéder à l'installation.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale

L'hydrogène sulfuré est dangereux pour l'équipement, l'environnement et surtout pour la santé des travailleurs en raison de son impact dangereux, et que sa manipulation incorrecte sans utiliser d'outils de sécurité entraîne des blessures graves aux organes du corps et plus que cela est la mort directement, et afin de prévenir tout accident majeur, les règles de sécurité doivent être respectées strictement. Et nous représentons ces règles dans les méthodes, processus et moyens utilisés et nécessaires avant et pendant une fuite de gaz et ceci afin de réduire la gravité des dommages causés par ce gaz.

Alors que la dangerosité de ce gaz est surprenante, et que la plupart des entreprises en Algérie ne considèrent pas le sulfure d'hydrogène comme un danger potentiel et n'appliquent pas les lois pour le prévenir avec suffisamment de rigueur, et en conséquence, toutes les mesures mentionnées précédemment dans ce mémorandum (équipements de chantier et équipements de sécurité pour les travailleurs) doivent être emportés avec plan d'urgence et formation des employés d'après ce qui se fait dans les entreprises américaines

Tous les travailleurs doivent être correctement formés sur les dangers du sulfure d'hydrogène, les méthodes de détection et les contrôles, notamment :

- Panneaux de signalisation.
- Procédures d'urgence.
- Procédure d'entretien.
- Politiques d'inspection.
- Autres systèmes de sécurité utilisés sur le site.
- La formation doit être conforme à la politique et aux procédures de sécurité spécifiques à l'installation, telles que la ventilation et le torchage.
- Ils doivent être familiarisés avec la conception du lieu de travail, les matériaux de construction et leur vulnérabilité aux dommages causés par le H₂S et tout système de confinement du H₂S utilisé.
 - Voies de sortie.
 - Utilisation et emplacement des indications de vent.
 - Point de rassemblement.

Conclusion Générale

- Signaux d'avertissement et comment répondre.
- Emplacement et bonne utilisation des équipements de protection.
- Utilisation appropriée des appareils de détection personnelle.
- Le matériel doit être fourni SAR.
- Espace confiné nécessite une formation supplémentaire.
 - Dangers liés au travail avec ou à proximité de H₂S tels que les procédures d'adoucissement.
 - Dangers accrus par la présence de H₂S tels que la soudure.

Référence

Chapitre I

- [1] : Misr petromeum
- [2] : general petromeum corporation (souria)
- [3] : Organisation mondiale de la santé
- [4] : Manuel d'opération (MLE)
- [5] : Cahiers techniques de CASE France, 2010
- [6] : http://www.osha.gov/SLTC/etools/oilandgas/general_safety/h2s_monitoring.html &
- [7] : <http://www.stockinterview.com/News/03042007/molybdenum-energy-US-pipelines.html>
- [8] : SAFEGENE ACADEMY course Hydrogen sulfide
- [9] : METHOD FOR REMOVING HYDROGEN SULFIDE FROM SOUR GAS AND CONVERTING IT TO HYDROGEN AND SULFURIC ACID Melahn Parker June 2010
- [10] : HAL Id : pastel-00569430
- [11] : Hydrogen sulfide - Fiche n° 313. In : base de données de sécurité CHE- MINFO. Hamilton, Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité (CCHS), 1994.
- [12] : Fiche de données de sécurité n° 037 - Sulfure d'hydrogène. Paris : L'Air liquide ; 1990.
- [13] : Kirk-Othmer - Encyclopedia of Chemical Technology, 3 ed. Vol. 22. New York : Wiley Interscience ; 1983 : 114-122. Th
- [14] : Encyclopédie des gaz - L'Air liquide. New York : Elsevier ; 1976 : 933-940.
- [15] : Matheson gas data book, 6 ed. Secausus : Matheson Gas Products ; 1980 : 408-415
- [16] : SULFURE D'HYDROGENE [archive], fiche(s) de sécurité du Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques [archive], consultée(s) le 9 mai 2009.
- [17] : Pradyot Patnaik, *Handbook of Inorganic Chemicals*, McGraw-Hill, 2003, 1086 p. (ISBN 0-07-049439 8), p. 3

Chapitre II

[18] : Image courtesy of: Gas Purification Handbook 5th ed. 1997

[19] : Fiche technique DOC. NO MLEG.EG-00-RR-C-30MB07 (MLE)

[20] : www.osseismic.com/Images/Environmental/flaring.jpg.

& <http://mesa-alberta.com/Photos/Sites/index.htm>

[21] : <http://www.globalgreenenergyfoundation.org/educational.htm>

[22] : University of Alberta - Flare Research Project

[23] : **CSB Investigation Report**

[24] : CCOHS Canadian Center for Occupational Health and Safety

[25] : NIOSH manual of analytical methods(nmam) 5th edition

[26] : KOC Procedures (Health, Safety and Environment Management System) Hydrogen Sulfide Risk Management (KOC.GE.36)

Chapitre III

[27] : Petroleum Institute, API RP 781 - Facility Security Plan Methodology for the Oil and Natural Gas Industries, 1st ed., 2016.

[28] : Chemical Safety and Hazard Investigation

Résumé

Lors de notre visite au SH-FCP, nous avons abordé toutes les instructions, telles que les règlements d'exploitation, la réglementation et les méthodes de protection en vigueur, et nous avons constaté un manque de mesures préventives pour le gaz sulfuré d'hydrogène. Notre travail se concentre sur la nature du gaz toxique de sulfure d'hydrogène, où nous avons expliqué ses propriétés physiques et chimiques et son danger pour la santé des travailleurs, des équipements et sur l'environnement avec lui et une ambulance en cas d'exposition à lui. Nous avons également étudié un cas réel d'exposition d'un travailleur à ce gaz, qui a entraîné sa mort, nous avons détaillé comment il s'est étouffé et les causes de cet accident.

Mots clés : sulfure d'hydrogène, mesure de prévention et de protection, système de sécurité

ملخص

خلال زيارتنا الميدانية الى مجمع (SH-FCP) تطرقنا الى جميع المنشآت كأنظمة الاستغلال و أنظمة و طرق الحماية المعمول بها و لاحظنا نقص في التدابير الوقائية الخاصة بغاز كبريتيد الهيدروجين يركز عملنا هذا على التعريف بغاز كبريتيد الهيدروجين السام حيث وضحنا خصائصه الفيزيائية و الكيميائية و خطورته على صحة العمال و المعدات و المحيط كما تطرقنا الى مصادره الطبيعية و الصناعية ,قدمنا كذلك طرق الوقاية و الحماية منه كتجهيزات الموقع بالأجهزة الوقاية و توصيات منظمات الصحة مع كيفية التعامل معه و الاسعاف في حالة التعرض له . ايضا قمنا بدراسة حالة حقيقية لتعرض عامل لهذا الغاز مما ادى الى وفاته حيث قمنا بتفصيل في كيفية اختناقهم واسباب هذه الحادثة

الكلمات المفتاحية: كبريتيد الهيدروجين، إجراءات الوقاية والحماية، نظام الأمان

Abstract

During our field visit to SH-FCP, we touched on all the facilities, such as the exploitation regulations, the regulations, and the methods of protection in force, and we noted a lack of preventive measures for hydrogen sulphide gas.

Our work focuses on introducing the poisonous hydrogen sulphide gas, where we explained its physical and chemical properties and its danger to the health of workers, equipment and the environment. with him and an ambulance in case of exposure to him. We also studied a real case of worker exposure to this gas, which led to his death. We detailed how he suffocated and the causes of this accident.

Key words: hydrogen sulphide, prevention and protection measure, security system