



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Echahid Hamma Lakdhar- EL Oued



Faculté de la Technologie
Département de Génie des Procédés et Pétrochimie

MÉMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté en Vue de l' Obtention du Diplôme de
MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences et Technologies
Filière: Génie des procédés et pétrochimie
Spécialité: Génie Pétrochimique
Présenté par :

- Fridjat Sadok
-Amamra Ali
- Chibani Nadhir

Thème

**Nouvelle procédure de traitement des déblais de forage –
cuttings dans la région de Hassi Messaoud**

Soutenue le :13/06 /2026
Devant le jury composé de :

Mr.	Ben Mia Omer	Université d'El-Oued	Président
Mr.	Bougzel Abdesslem	Université d'El-Oued	Examinateur
Mr.	BELGHIT Med Yazid	Université d'El-Oued	Rapporteur

Année universitaire 2025/2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Dédicace :

Allah le Très-Haut a dit :

« Et leur dernière invocation sera : Louange à Allah, Seigneur des mondes. »

Louange à Allah. Aucun chemin ne s'achève, aucun effort ne se réalise et aucun travail ne se complète sans Sa grâce. Ô Allah, cet accomplissement n'est pas seulement le fruit de mes efforts et de ma persévérance, mais aussi de Ta grâce, de Ton soutien et de Ta générosité.

Louange à Allah, par la faveur duquel les bonnes œuvres s'accomplissent.

Je dédie ce diplôme à celui qui a été la lumière de mon chemin et mon soutien, celui qui m'a appris sans rien attendre en retour, mon cher père.

À mon espoir dans la vie et à la prunelle de mes yeux, celle dont les prières ont été le secret de ma réussite, ma chère mère.

À mon estimé professeur, M. Belghith Mohamed Yazid, dont les orientations et les précieux conseils ont eu une grande influence sur mon parcours académique et la réalisation de ce travail.

À mes frères, qui ont toujours été mon soutien dans les moments difficiles et grâce auxquels je suis devenu plus fort.

À mes amis, avec qui j'ai découvert le véritable sens de la vie.

Et à toutes les personnes qui m'ont soutenu et accompagné tout au long de mon parcours universitaire.

Tes chers étudiants



Remerciement :

Avant tout, nous exprimons notre profonde gratitude à Dieu, le ToutPuissant, qui nous a accordé la santé, le courage et la patience nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à notre encadreur, Belghith Mohamed Yazid, pour son accompagnement, sa disponibilité, ses précieux conseils et son soutien tout au long de la réalisation de cette étude. Ses orientations et son expertise ont grandement contribué à l'aboutissement de ce travail.

Nous souhaitons également remercier l'ensemble des enseignants qui nous ont accompagnés durant notre parcours universitaire et qui ont contribué à notre formation académique et professionnelle.

Nous exprimons également notre reconnaissance à l'Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued, à travers ses responsables et son corps enseignant, pour avoir mis à notre disposition les moyens et l'environnement scientifique nécessaires au bon déroulement de notre cursus universitaire.

Enfin, nous exprimons notre gratitude à toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire et qui nous ont apporté leur aide et leur soutien.

Merci à tous.

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des Figure

Liste des abréviations

Introduction

Contenu	Page
Chapitre I: Synthèse bibliographique	
I.1.1.Presentation générale des Activités de forage	5
I.1.1.1Operations de forage	5
I.1.1.2.1.Définition des fluides de forage	7
I.1.1.3 Les déblais de forage (Cuttings)	9
I.1.2.Évaluation des rejets issus des opérations de forage	9
I.1.2.1.Catégorisation des rejets de forage	9
I.1.2.2.Déchets solides	10
I.1.3. Cadre juridique et réglementaire	11
I.1.3.1 Réglementation et normes en vigueur en Algérie	11
I.1.3.2.Normes internationales	11
I.1.3.3 Obligations environnementales	11
I.1.4. Analyse et classification des impacts liés aux activités de forage.	12
I.1.4.1 Identification des impacts	12
I.1.4.2. Classification des impacts environnementaux	14
I.1.5.Mesures de réduction des impacts environnementaux	14
I.1.5.1 Dispositifs d'atténuation adoptés par DFSP	14
I.1.5.2. Gestion des déchets issus des chantiers de forage	14
I. 1.5.3Techniques de traitement des déchets de forage	15
Chapitre II : Présentation de la zone d'étude	
II.1. Description environnementale de la région de Hassi Messaoud.	18
II.1.1 Situation géographique	18

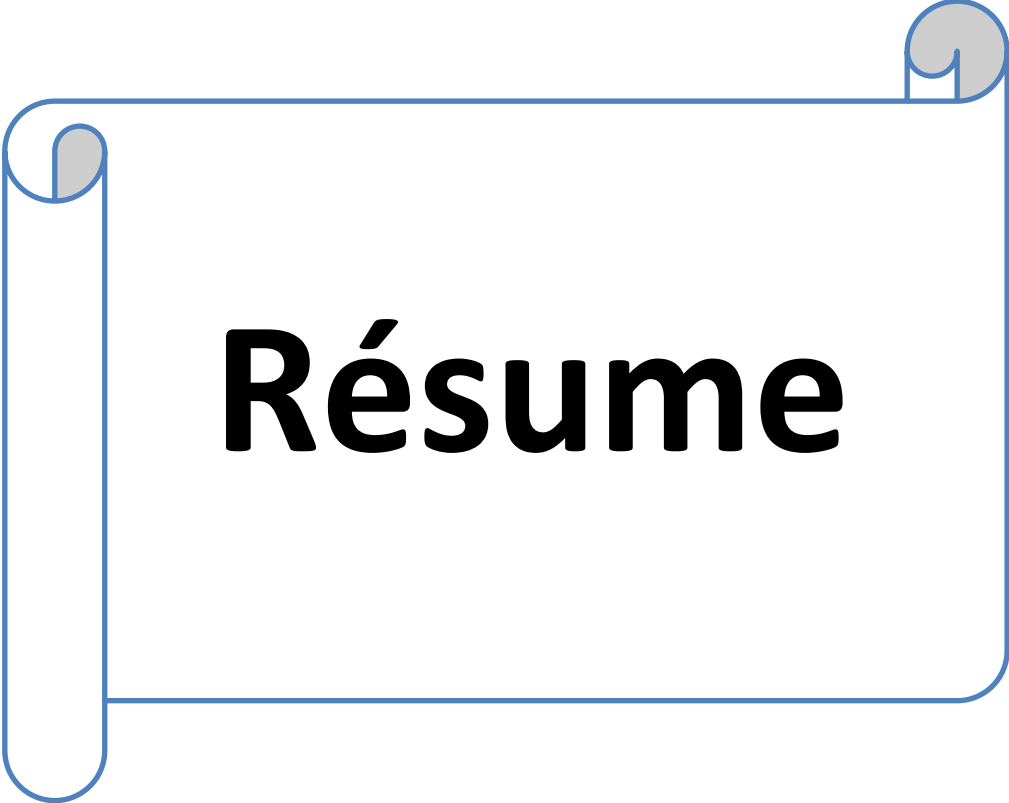
II.1.2. Relief et géomorphologie	18
II.1.3. Caractéristiques climatiques	19
II.1.4. Caractéristiques hydrogéologiques	19
II.1.5. Ressources naturelles	19
II.1.6. Faune et flore	20
II.1.7. Sensibilité environnementale de la région	20
II.2. Présentation de DFSP	20
II.2.1. Historique et création de DFSP	21
II.2.2. Activités principales de DFSP	21
II.2.3. Les différents départements de DFSP	21
II.2.4. Présentation de services laboratoire DFSP	22
II.2.5. Missions et objectifs du laboratoire	22
II.2.6. Équipements et moyens techniques du laboratoire	22
II.2.7. Système de management Qualité, Hygiène, Sécurité et Environnement (QHSE)	23
II.3. Présentation du site d'étude	23
II.3.1. Localisation du site d'étude	23
II.3.2. Description des installations	23
II.3.3. Activités réalisées sur le site	24
II.3.4. Sources potentielles d'impacts environnementaux	24
Chapitre III : Partie pratique	
II.1 Traitement online	26
System solide control et Waste management	26
Equipment control de solide	26
III.1.1. Shale Shaker	26
III.1.2. Mud Cleaner	26
III.1.3. Centrifugeuses	27
III.1.4. DRYER	28
III.1.5. Stockage des déblais de forage	29

III.2.Triatment off line	30
III.2.1. APERÇU COMPLET DE L'ÉQUIPEMENT	30
III.2.2. PROCESSUS TECHNOLOGIQUE DE SÉPARATION DE PHASE INDUITE THERMIQUEMENT	30
III.2.3. ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL APPROPRIÉ	31
III.2.4. ÉQUIPEMENT DE PRÉTRAITEMENT	31
III.2.4.1.PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	32
III.2.5. ÉQUIPEMENT D'ALIMENTATION	32
III.2.6. ÉQUIPEMENT DE DÉCHARGE	33
III.2.7.ÉQUIPEMENT D'EXTRACTION DE CHALEUR	33
III.2.8. OXYDATEUR	34
III.2.9. ÉQUIPEMENT DE SÉPARATION PAR DÉCANTATION	35
III.2.10. ÉQUIPEMENT DE CONDENSATION SECONDAIRE	36
III.2.11. ÉQUIPEMENT DE TRAITEMENT DES GAZ NON CONDENSABLES	37
III.2.12. ÉQUIPEMENT DE SÉPARATION PAR SÉDIMENTATION SECONDAIRE	38
III.2.13. TOUR DE REFROIDISSEMENT FERMÉE	39
III.2.14. GÉNÉRATEUR D'AZOTE	39
III.2.15 ÉQUIPEMENT DE CONTRÔLE CENTRAL	40
III.2.15.1APERÇU DE L'ÉQUIPEMENT DE CONTRÔLE CENTRAL	40
III.2.16 ÉQUIPEMENT DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE	41
III.2.16.1APERÇU DE L'ÉQUIPEMENT DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE	41
Conclusion	43
Liste des sources et références	47
Annexes	53

Liste Figure

I	Figure.I.1: system de forage complet	6
I	Figure.I .2: Génération et transport des déblais de forage	9
II	Figure.II .1: Situation géographique de HMD (monographie, 2008)	18
II	Figure.II.2:Emplacement de DFSP	21
III	Figure.III.1: Shale Shaker	26
III	Figure.III.2: Mud Cleaner	27
III	Figure.III.3: Centrifugeuses	28
III	Figure.III.4: cheminement du procédé à travers le sécheur vertical	28
III	Figure.III .5: Schéma structurel de l'équipement de prétraitement	32
III	Figure.III.6 Schéma structurel de l'équipement d'alimentation	32
III	Figure.III. 7: Schéma de principe d'un équipement de déchargement	33
III	Figure .III. 8: Schéma structurel de l'équipement d'extraction de chaleur	34
III	Figure.III .9: Schéma de principe d'un oxydateur	35
III	Figure.III .10: Schéma de principe du dispositif de condensation primaire	36
III	Figure. III. 11.Schéma de structure du secondaire	37
III	Figure .III. 12: Équipement de traitement des gaz non condensables	38

III	Figure. III .13: Schéma de principe d'un équipement de séparation par sédimentation	39
III	Figure .III .14: Schéma structurel d'une tour de refroidissement fermée	39
III	Figure .III .15: Schéma de principe d'un générateur d'azote	40
III	Figure .III .16: Vue de dessus de l'équipement de commande central	41



Résumé

ملخص :

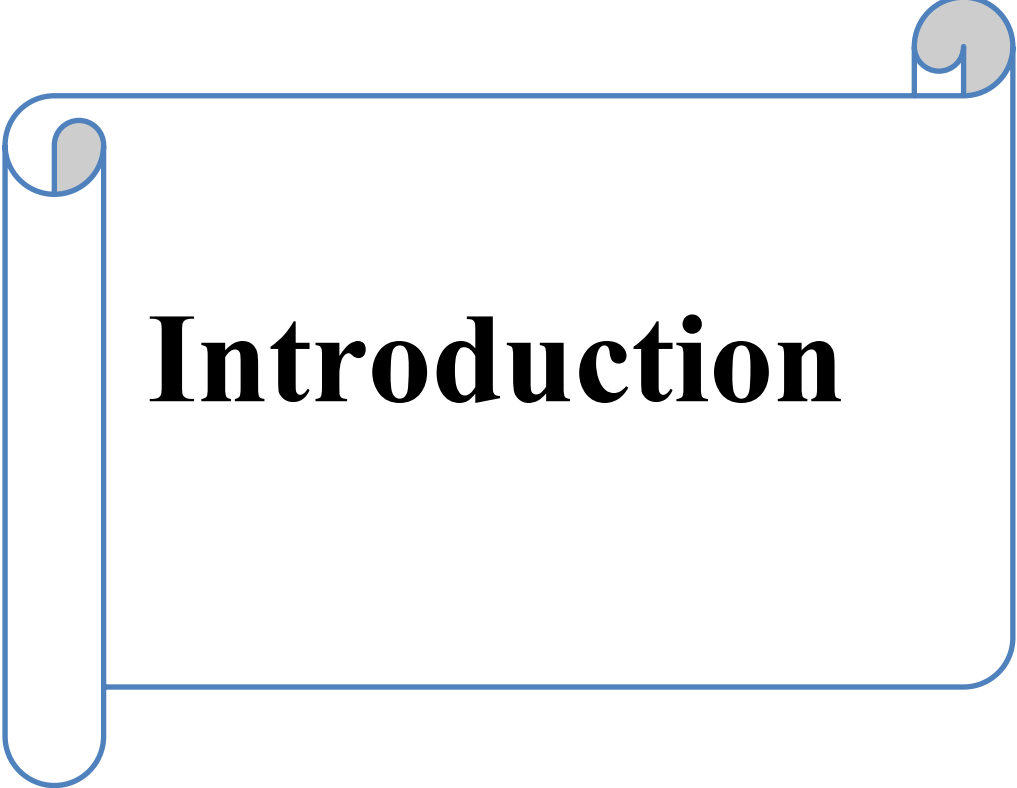
تتناول المذكرة عمليات الحفر في قطاع النفط والغاز، حيث تركز على الدور الحيوي لسوائل الحفر في ضمان استقرار الآبار وتبريد المعدات. تسلط الدراسة الضوء على التحديات البيئية الناتجة عن الآثار البيئية المترتبة على إنتاج النفايات الصلبة والسائلة، والتي تستوجب إدارة دقيقة وفقاً للمعايير البيئية والتشريعات الوطنية والدولية. وفي إطار العمل التطبيقي بشركة DFSP في منطقة حاسي مسعود، استعرضت المذكرة تقنيات إدارة النفايات المتقدمة مثل أنظمة التحكم في المواد الصلبة (Solide control) التي تشمل المناخل الهزازة وأجهزة الطرد المركزي، بالإضافة إلى تقنية وحدة Désorption Thermique (ITDU) المتطورة لمعالجة المواد الملوثة بالهيدروكربونات. تخلص الدراسة إلى أن تبني هذه التقنيات المتقدمة يجسد التزام الشركة بمبادئ التنمية المستدامة عبر تحسين كفاءة المعالجة وتقليل المخاطر البيئية.

الكلمات المفتاحية: عمليات الحفر، سوائل الحفر، إدارة النفايات، الآثار البيئية، حاسي مسعود، التحكم في المواد الصلبة، وحدة Désorption Thermique (ITDU)، التنمية المستدامة، شركة DFSP، المعايير البيئية.

Résumé

Ce mémoire porte sur les opérations de forage dans le secteur pétrolier et gazier, en mettant l'accent sur le rôle crucial des fluides de forage dans la stabilisation des puits et le refroidissement des outils. L'étude analyse les impacts environnementaux générés par la production de déchets solides et liquides, qui nécessitent une gestion rigoureuse conforme aux normes environnementales et aux réglementations nationales et internationales. Dans le cadre de l'application pratique au sein de la société DFSP à Hassi Messaoud, le mémoire passe en revue les techniques avancées de gestion des déchets, notamment les systèmes de contrôle des solides (Solide control) tels que les tamis vibrant et les centrifugeuses, ainsi que la technologie de pointe de l'unité de désorption thermique (ITDU) pour le traitement des matériaux pollués par les hydrocarbures. L'étude conclut que l'adoption de ces technologies de pointe reflète l'engagement de l'entreprise envers les principes du développement durable, en améliorant l'efficacité du traitement et en réduisant les risques environnementaux.

Mots-clés : Opérations de forage, fluides de forage, gestion des déchets, impacts environnementaux, Hassi Messaoud, contrôle des solides (Solide control), unité de désorption thermique (ITDU), développement durable, société DFSP, normes environnementales.



Introduction

Introduction

Le secteur des hydrocarbures constitue l'un des piliers fondamentaux de l'économie nationale, compte tenu des ressources énergétiques et des revenus financiers qu'il génère pour soutenir le processus de développement économique. Les opérations de forage pétrolier figurent parmi les activités techniques les plus critiques de ce secteur, s'appuyant sur un système intégré d'équipements sophistiqués, de technologies modernes et de produits chimiques spécialisés afin d'atteindre et d'exploiter les réservoirs pétroliers de manière efficace et sécurisée.[1]

Toutefois, malgré leur importance économique et stratégique, ces opérations produisent des quantités considérables de déchets solides et liquides, ainsi que diverses émissions polluantes. Ces rejets peuvent impacter négativement l'écosystème environnant, particulièrement dans les zones sahariennes à haute sensibilité environnementale, telles que la région de Hassi Messaoud.[2]

Face à la prise de conscience croissante des enjeux de protection de l'environnement et de développement durable, il est devenu impératif d'adopter des approches scientifiques et des technologies de pointe pour traiter les déblais de forage et limiter leurs impacts. Dans ce cadre, les entreprises spécialisées dans les services pétroliers, à leur tête l'entreprise DFSP, jouent un rôle moteur dans le développement et l'adoption de solutions techniques performantes pour la gestion de ces résidus, conformément aux normes environnementales en vigueur.[3]

Dans quelle mesure ces technologies contribuent-elles à l'amélioration de la performance environnementale et à la réduction des niveaux de pollution? Structure de l'étude

Ce stage nous a permis d'acquérir des connaissances théoriques et pratiques sur la gestion et le traitement des déblais de forage, à travers la découverte des différentes étapes de leur collecte, de leur traitement ainsi que des équipements utilisés. Il nous a également offert l'opportunité de visiter les chantiers de forage, l'unité de désorption thermique (TDU) et le laboratoire d'analyse des fluides de forage. Cette expérience a contribué à mieux comprendre l'importance du respect des normes de sécurité et de protection de l'environnement, tout en mettant en évidence le rôle essentiel d'une gestion efficace des déblais de forage dans la réduction de la pollution et l'amélioration de la performance des opérations industrielles.

Introduction

Pour répondre à cette problématique, l'étude est structurée en trois chapitres principaux:

Chapitre I : Cadre théorique et revue de la littérature

Ce chapitre aborde les aspects théoriques du forage pétrolier en présentant ses concepts de base, ses techniques, ses équipements et les fluides de forage utilisés. Il examine également les types de déchets générés, les sources de pollution associées, ainsi que l'analyse des impacts environnementaux et le cadre juridique régissant cette activité.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude et de l'organisme d'accueil

Ce chapitre est dédié à la présentation de la région de Hassi Messaoud (caractéristiques géographiques, climatiques, hydrogéologiques et environnementales). Il propose également une présentation exhaustive de l'entreprise DFSP, incluant sa genèse, sa structure organisationnelle et ses diverses activités liées aux fluides de forage et au traitement des déchets.

Chapitre III : Étude empirique et analyse des techniques de traitement Ce chapitre constitue le volet pratique de l'étude. Il analyse les équipements et systèmes utilisés par DFSP, qu'il s'agisse du traitement instantané via les systèmes de contrôle des solides (Solid Control) ou du traitement ultérieur par les unités de désorption thermique (Thermal Desorption Units - TDU). Il évalue enfin l'efficacité de ces procédés dans la réduction des polluants et le renforcement de la gestion environnementale.

Chapitre I:
Synthèse
bibliographique

Introduction :

Ce chapitre pose les bases théoriques nécessaires à la compréhension des enjeux du forage pétrolier. Il explore les techniques de forage, le rôle crucial des fluides dans la stabilisation des puits, ainsi que les risques environnementaux liés à la gestion des déchets générés. Il souligne l'importance d'un cadre réglementaire strict et des normes internationales pour limiter l'empreinte écologique de ces activités industrielles majeures.

I.1.1. Présentation générale des Activités de forage

Les opérations de forage figurent parmi les activités les plus importantes de l'industrie pétrolière. Elles visent à créer des puits de pétrole ou de gaz pour accéder aux gisements souterrains et exploiter les ressources naturelles. Ces opérations reposent sur l'interaction de plusieurs éléments techniques, tels que les appareils de forage, les fluides de forage, les systèmes de contrôle de pression et les équipements de sécurité. Leur complexité géologique et technique exige une planification rigoureuse afin de minimiser les risques et d'optimiser la productivité.[4]

I.1.1.1. Operations de forage

Les opérations de forage comprennent une série d'étapes techniques séquentielles, débutant par la préparation du site, l'installation de l'appareil de forage, puis le début du processus de pénétration des formations géologiques à l'aide du trépan. Durant ce processus, la vitesse de forage, la pression du puits et la stabilité de la paroi géologique sont contrôlées. Les fluides de forage jouent également un rôle crucial dans le transport des déblais de forage vers la surface et le refroidissement de l'équipement de forage.

[5]

I.1.1.1.1. Notion et définition du forage

Le forage est un procédé mécanique permettant de créer un canal vertical ou incliné dans le sol ou la roche à l'aide d'équipements rotatifs ou d'autres méthodes mécaniques. Un trépan sert à fracturer la roche, tandis que les fluides de forage transportent les déblais à la surface et stabilisent le puits. Le forage est utilisé dans divers domaines tels que l'exploration pétrolière et gazière, l'hydrogéologie et les études géologiques.[6]

I.1.1.1.2. Évolution historique du forage

Les fouilles ont commencé dans la Chine antique, utilisant des méthodes manuelles primitives et des outils rudimentaires pour extraire l'eau et le sel. Avec la révolution industrielle du XIXe siècle...Dixièmement, les premières techniques de forage mécanique ont vu le jour, notamment avec la découverte du pétrole en Pennsylvanie. De

nos jours, ces techniques ont connu un développement important, avec notamment le forage dirigé et le forage en mer, qui ont permis d'atteindre de très grandes profondeurs et d'améliorer la production.[7]

I.1.1.1.3.Méthodes et techniques de forage

Les techniques de forage varient selon les formations géologiques et la profondeur du puits. La méthode la plus courante est le forage rotatif, qui consiste à faire tourner le trépan pour percer la roche. Parmi les autres méthodes, on trouve le forage par percussion et le forage dirigé horizontal, qui permet d'accéder horizontalement à des réservoirs éloignés. De plus, le forage horizontal est utilisé pour augmenter la surface de contact avec le réservoir, et donc la productivité.[8]

I.1.1.1.4. Équipements et systèmes de forage

Une installation de forage comprend plusieurs systèmes essentiels :

- Système de rotation : assure la rotation du trépan et des tiges de forage
- Système de levage : permet la manipulation des équipements dans le puits
- Système de circulation : assure la circulation du fluide de forage
- Système de contrôle de pression (BOP) : dispositif de sécurité contre les éruptions. [9]



Figure.I.1: system de forage complet [10]

I.1.1.2. Les fluides de forage

Les fluides de forage sont des éléments essentiels des opérations de forage, jouant un rôle crucial dans la continuité et l'efficacité du processus. Il s'agit d'un mélange complexe de fluides, de produits chimiques et de boue, conçu avec des propriétés spécifiques adaptées aux formations géologiques. Les propriétés de ces fluides influent directement sur la stabilité du puits et la vitesse de forage, tout en atténuant les risques tels que les éruptions incontrôlées.[11]

I.1.1.2.1. Définition des fluides de forage

Les fluides de forage sont des substances liquides injectées dans le puits lors du forage afin de remplir plusieurs fonctions : remonter les déblais de forage à la surface, refroidir et lubrifier le trépan, et contrôler la pression au sein des formations géologiques. Ces fluides se caractérisent par leur capacité à modifier leurs propriétés physiques en fonction des conditions de forage.[12]

I.1.1.2.2. Fonctions des fluides de forage

. Les fluides de forage remplissent plusieurs fonctions essentielles, dont les plus importantes sont:

Le transport des déblais de forage à la surface

Le refroidissement et la lubrification du matériel de forage

La stabilisation des parois du puits et la prévention des effondrements

Le contrôle de la pression de la formation géologique afin d'éviter les fuites de fluides

La réduction du frottement entre les outils de forage et les formations rocheuses

Ces fonctions sont cruciales pour garantir la sécurité et la continuité des opérations de forage.[13]

I.1.1.2.3. Classification des fluides de forage

Les fluides de forage se classent, selon leur composition, en deux grandes catégories : les fluides à base d'eau et les fluides à base d'huile.

Le choix du fluide approprié dépend des conditions de forage, telles que la température, la pression et le type de formation géologique.[14]

I.1.1.2.3.1. Fluides à base aqueuse

Ce sont des liquides à base d'eau contenant des additifs tels que de l'argile et des produits chimiques pour en améliorer les propriétés. Ils sont largement utilisés en raison de leur faible coût et de leur facilité de contrôle par rapport à d'autres types de liquides. Fluides à base aqueuse. [15]

I.1.1.2.3.1.1 Boue bentonitique

Cette composition est constituée d'eau mélangée à de l'argile bentonite, qui possède une forte capacité de gonflement au contact de l'eau, formant ainsi une couche isolante sur les parois du puits. Cette propriété contribue à stabiliser le puits et à réduire les pertes de fluide. [16]

I.1.1.2.3.1.2. Boue saline saturée

Ce sont des fluides à forte concentration en sels dissous, utilisés dans les formations géologiques sensibles à l'eau douce. Ces fluides contribuent à prévenir la dissolution des couches de sel et à réduire l'interaction de l'argile avec la formation. [17]

I.1.1.2.3.2. Fluides à base huileuse

Ce sont des fluides à base d'huile caractérisés par une grande stabilité thermique et chimique,

ce qui les rend adaptés aux conditions difficiles telles que les puits profonds et les hautes températures. [18]

I.1.1.2.3.2.1. Émulsions directes

Dans ce type d'émulsion, l'huile est dispersée dans l'eau (émulsion huile-dans-eau). Ces liquides sont faciles à contrôler et moins coûteux que d'autres émulsions à base d'huile. [19]

I.1.1.2.3.2.2. Émulsions inverses

Dans ce système, les gouttelettes d'eau sont dispersées dans l'huile (système eau-dans-huile), et il présente une stabilité extrêmement élevée et une excellente capacité à résister aux hautes températures et pressions, ce qui le rend adapté au forage profond et aux environnements difficiles. [20]

I.1.1.2.4. Système de circulation des fluides de forage

Un système de recirculation des fluides de forage comprend plusieurs composants, notamment des pompes, des tiges de forage et un réservoir de boue. Le fluide est pompé dans le puits par les tiges de forage, puis remonte à la surface avec les déblais de forage, où il est traité et recyclé. Ce système permet un forage continu et améliore l'efficacité du forage. [21]

I.1.1.2.5 Propriétés des fluides de forage

Les propriétés essentielles sont :

- densité
- viscosité
- filtration

- pH
- Recommended Practice for Field Testing Water-Based Drilling Fluids [22]

I.1.1.3 Les déblais de forage (Cuttings)

Les déblais de forage sont des fragments solides issus de la fragmentation des formations rocheuses par le trépan. Ils sont transportés vers la surface par le fluide de forage.

Ces déblais contiennent des particules rocheuses, des résidus d'hydrocarbures ainsi que des additifs chimiques. Selon Veil et al. (2004), ils représentent une source importante de pollution dans les sites de forage. [23]

Drilling Waste Management Information System (DWMIS)

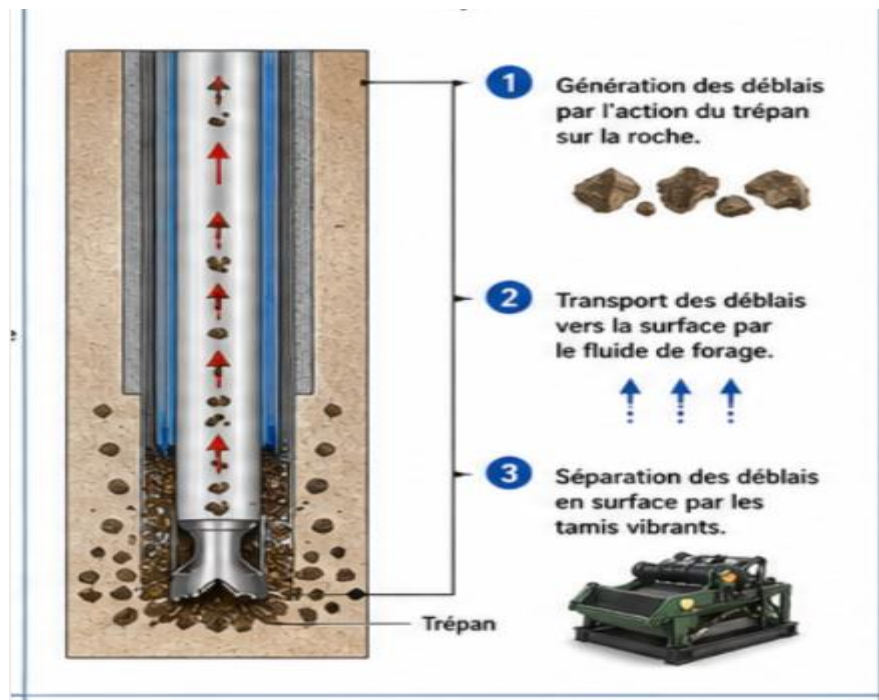


Figure.I .2: Génération et transport des déblais de forage [24]

I.1.2.Évaluation des rejets issus des opérations de forage

Les opérations de forage pétrolier génèrent d'importantes quantités de déchets solides et liquides, susceptibles de constituer un risque environnemental s'ils ne sont pas correctement contrôlés et traités. Ces déchets sont principalement composés de boues de forage, de fluides de forage usagés et de produits chimiques.

Par conséquent, l'évaluation de ces déchets représente une étape cruciale dans la gestion de l'impact environnemental des activités de forage.[25]

I.1.2.1.Catégorisation des rejets de forage

Les déchets de terrassement se divisent en deux grandes catégories : les déchets solides et les déchets liquides. Cette classification repose sur l'état physique et la composition chimique des déchets, et les méthodes de traitement varient en conséquence.[26]

I.1.2.1.Déchets solides

Les déchets solides comprennent les fragments de roche provenant des opérations de forage, ainsi que les boues de forage usagées et les produits chimiques qu'elles contiennent. Ces déchets sont généralement collectés dans des fosses prévues à cet effet, puis traités ou éliminés conformément aux normes environnementales.[27]

I.1.2.1.2 Effluents liquides

Il s'agit de fluides de forage usagés et d'eau contaminée par des hydrocarbures et des produits chimiques. Ces fluides sont caractérisés par leur capacité à contaminer les sols et les eaux souterraines s'ils ne sont pas traités avant leur rejet.

Principales sources de pollution liées au forage

La pollution issue des opérations de forage provient de sources multiples, notamment de produits chimiques, d'hydrocarbures et de métaux lourds. Le danger de ces polluants réside dans leur capacité à se propager dans les sols et les eaux, perturbant ainsi l'équilibre écologique.[28]

I.1.2.2.1 Polluants à caractère actif

Ce sont des substances chimiques actives qui réagissent directement avec l'environnement, modifiant ainsi les propriétés du sol ou de l'eau.

Ces substances comprennent des hydrocarbures, des métaux lourds et des sels minéraux.[29]

I.1.2.2.1.1 Hydrocarbures

Les hydrocarbures figurent parmi les polluants les plus dangereux résultant des opérations de forage, car ils peuvent s'infiltrer dans le sol et les eaux souterraines, provoquant une pollution à long terme difficile à traiter.[30]

I.1.2.2.1.2 Métaux lourds

Les métaux lourds comprennent le plomb, le mercure et le cadmium. Ils sont très toxiques et peuvent s'accumuler dans les organismes vivants, entraînant de graves problèmes de santé et d'importants dommages environnementaux.[31]

I.1.2.2.1.3 Sels minéraux

Les sels minéraux modifient les propriétés du sol et de l'eau, entraînant une baisse de la fertilité des sols et une augmentation de la salinité des eaux souterraines lorsqu'ils s'accumulent.[32]

I.1.2.2.1.4.Polluants à caractère inerte

Ce sont des substances qui ne réagissent pas chimiquement rapidement, mais dont l'effet est physique, comme la modification de la structure du sol ou l'obstruction des pores, ce qui affecte l'équilibre écologique. [33]

I.1.3. Cadre juridique et réglementaire**I.1.3.1 Réglementation et normes en vigueur en Algérie**

Le secteur de l'exploration pétrolière en Algérie est régi par un cadre juridique et réglementaire visant principalement à protéger l'environnement et à garantir l'exploitation rationnelle des ressources naturelles. La loi n° 03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable constitue le texte de référence fondamental qui définit les obligations environnementales des installations industrielles, notamment en matière de gestion des déchets et de surveillance de la pollution résultant des activités pétrolières.

Ce cadre juridique impose aux sociétés d'exploration de réaliser des études d'impact environnemental avant tout projet et de mettre en œuvre des mesures préventives pour atténuer les risques environnementaux, tels que la pollution des sols, de l'eau et de l'air. Par ailleurs, cette législation leur impose d'appliquer le principe du « pollueur-payeur », qui rend le pollueur pleinement responsable.[34]

I.1.3.2.Normes internationales

Outre la législation nationale, les compagnies pétrolières s'appuient sur un ensemble de normes internationales pour leurs opérations, visant à améliorer leurs performances environnementales et à renforcer la sécurité industrielle. Parmi les plus importantes figure la norme ISO 14001 relative aux systèmes de management environnemental, qui porte sur la planification, la mise en œuvre, le suivi et l'amélioration continue des performances environnementales.

Le secteur pétrolier respecte également les directives de la Banque mondiale ainsi que les normes de santé, de sécurité et d'environnement, qui définissent des limites d'émission acceptables et établissent des procédures strictes pour la gestion des déchets dangereux.

Ces normes contribuent à réduire les risques environnementaux et à promouvoir la durabilité des opérations de forage.[35]

I.1.3.3 Obligations environnementales

Les entreprises doivent réaliser :

- étude d'impact environnemental (EIE)
- plan de gestion environnementale (PGE) [36]

I.1.4. Analyse et classification des impacts liés aux activités de forage.

I.1.4.1 Identification des impacts

Les activités de forage pétrolier engendrent divers impacts environnementaux qui varient selon le site et les technologies utilisées. Ces impacts affectent de multiples éléments tels que le sol, l'eau, l'air et la biodiversité. Ils sont généralement identifiés grâce aux études d'impact environnemental (EIE), qui permettent de prévoir les risques environnementaux avant la mise en œuvre des projets. Ces études contribuent à identifier les sources potentielles de pollution et à élaborer des mesures d'atténuation, réduisant ainsi les dommages environnementaux et améliorant la durabilité des opérations pétrolières.[37]

I.1.4.1.1.Impacts négatifs

Les activités pétrolières, notamment les opérations de forage, peuvent engendrer de nombreux impacts environnementaux négatifs si elles ne sont pas correctement maîtrisées. Ces impacts comprennent la pollution des sols et de l'eau, la dégradation de la qualité de l'air et la dégradation des écosystèmes locaux.

Ces impacts résultent principalement de l'utilisation des fluides de forage, de l'élimination des déchets et des émissions issues des procédés industriels, ce qui impose la mise en œuvre de mesures d'atténuation rigoureuses. [38]

I.1.4.1.1.2. Impact sur le sol

Les sols sont directement contaminés par les fuites de fluides de forage ou l'accumulation de déblais de forage contenant des produits chimiques et des additifs industriels. Cette contamination modifie les propriétés physiques et chimiques du sol, notamment en réduisant sa perméabilité et en dégradant sa fertilité, ce qui affecte sa capacité à accueillir la vie végétale. De plus, une contamination prolongée peut rendre la restauration des sols plus complexe et plus coûteuse. [39]

I.1.4.1.1.2. Impact sur les ressources en eau

Les ressources en eau figurent parmi les éléments environnementaux les plus sensibles aux activités de forage. Les fuites de fluides de forage ou de produits chimiques peuvent contaminer les eaux souterraines ou de surface. Cette contamination peut affecter la qualité de l'eau potable et présenter un risque pour la santé publique.

De plus, les variations de pression géologique induites par les opérations de forage peuvent perturber le mouvement des eaux souterraines et leur équilibre naturel. [40]

I.1.4.1.1.2.1 Forages stratigraphiques

Le forage stratigraphique est utilisé pour comprendre la structure géologique des couches de la terre, mais il peut perturber les formations rocheuses, entraînant parfois des modifications des voies naturelles de circulation des eaux souterraines [41]

I.1.4.1.1.2.2 Génération des déblais et boues de forage

Les opérations de forage produisent d'importantes quantités de déblais et de fluides de forage contenant divers produits chimiques. Faute de traitement adéquat, ces matériaux constituent une source majeure de pollution environnementale, notamment lorsqu'ils s'infiltrant dans le sol ou l'eau [42]

I.1.4.1.1.2.3 Génération de déchets

Les déchets issus des travaux d'excavation comprennent des déchets solides, liquides et dangereux, tels que les huiles usagées et les produits chimiques. Leur gestion exige des systèmes rigoureux afin de garantir leur élimination sans danger pour l'environnement [43]

I.1.4.1.1.3 Impact sur la faune et la flore

Les activités d'excavation entraînent la détérioration des habitats naturels des organismes vivants en raison de la disparition du couvert végétal, du bruit et de la pollution chimique, ce qui affecte la biodiversité et perturbe l'équilibre écologique dans les zones touchées [44]

I.1.4.1.1.4 Impact sur la qualité de l'air

Les opérations de forage produisent des émissions gazeuses telles que le méthane et le dioxyde de carbone, en plus des poussières résultant du forage et du transport, ce qui entraîne une détérioration de la qualité de l'air ambiant. [40-46]

I.1.4.1.1.5 Impact sonore

Le bruit des engins de forage a un impact environnemental important, affectant les travailleurs et la faune environnante, notamment dans les zones désertiques naturellement calmes [45]

I.1.4.1.2 .Impacts positifs

Malgré ses impacts environnementaux négatifs, l'activité de forage contribue au soutien de l'économie nationale en fournissant de l'énergie, en créant des emplois et en développant les infrastructures industrielles, ce qui en fait un secteur stratégique.

[46]

I.1.4.2. Classification des impacts environnementaux

Les impacts environnementaux liés au forage sont classés selon leur gravité, leur durée et leur réversibilité. Cette classification permet de prioriser les mesures d'atténuation et de prendre des décisions environnementales appropriées. [47]

I.1.5.Mesures de réduction des impacts environnementaux**I.1.5.1 Dispositifs d'atténuation adoptés par DFSP**

DFSP (Fournisseur de Fluides et Services de Forage) figure parmi les entreprises qui adoptent une approche environnementale avancée pour la gestion de leurs activités de forage. Elle met en œuvre un ensemble de mesures techniques et organisationnelles afin de minimiser son impact environnemental. Ces mesures comprennent l'amélioration des propriétés des fluides de forage pour réduire leur toxicité et le contrôle de la densité et de la composition des produits chimiques utilisés, contribuant ainsi à la réduction de la pollution liée aux opérations de forage.

L'entreprise utilise également des systèmes modernes de traitement et de séparation des déblais de forage et des fluides usés, grâce à des équipements tels que des tamis vibrants et des centrifugeuses. Ceci permet la réutilisation de certains fluides et réduit le volume des déchets finaux. Par ailleurs, DFSP s'engage à mettre en œuvre un système de management environnemental conforme aux exigences de la norme ISO 14001, tout en promouvant une surveillance environnementale continue et en dispensant des formations HSE à ses employés [48]

I.1.5.2. Gestion des déchets issus des chantiers de forage

La gestion des déchets issus des opérations de forage est essentielle pour minimiser l'impact environnemental de l'industrie pétrolière. Cette gestion repose sur un système intégré comprenant la collecte, le tri, le traitement, puis l'élimination ou le recyclage respectueux de l'environnement. L'importance de ce système réside dans la réduction de la pollution des sols et des eaux souterraines, ainsi que dans la minimisation des risques sanitaires liés à l'exposition aux produits chimiques utilisés lors du forage [49]

I.1.5.2.1 Procédé en continu (Waste Management System)

Le système de gestion continue des déchets repose sur le traitement immédiat des déblais de terrassement pendant les opérations, empêchant leur accumulation et réduisant ainsi les risques de pollution environnementale. Ce système se distingue par l'intégration des traitements mécaniques et chimiques, garantissant une maîtrise optimale des déchets. [40]

I.1.5.2.1.1. Objectifs du système de gestion des déchets.

Ce système de gestion des déchets vise à minimiser le volume de déchets générés par les opérations de forage et à les réutiliser autant que possible, tout en protégeant l'environnement de la pollution. Il contribue également à améliorer l'efficacité opérationnelle et à réduire les coûts d'exploitation à long terme [41]

I.1.5.2.1.2. Composantes du système de gestion des déchets

Le système de gestion des déchets comprend plusieurs unités intégrées, notamment des équipements de séparation, des unités de traitement et des systèmes de recyclage. Ces composantes fonctionnent de concert pour assurer une maîtrise totale du flux de déchets lors des opérations de forage. [42]

I.1.5.2.1.2.1. Séchage des déblais de forage

Le séchage des déblais de forage est une étape importante pour réduire la quantité de fluides associés, ce qui facilite leur transport et leur traitement et minimise l'impact environnemental. [43]

I.1.5.2.1.2.2. Recyclage et réutilisation de l'eau

La réutilisation de l'eau produite lors des opérations de forage contribue à réduire la pression sur les ressources en eau naturelles et constitue l'une des pratiques environnementales durables les plus importantes sur les sites de forage. [44]

I.1.5.2.1.2.3. Tri des déchets et revêtement des fosses

Les déchets sont triés selon leur nature (solides, liquides, dangereux) et des fosses revêtues (revêtements de fosse) sont utilisées pour empêcher la contamination du sol et des eaux souterraines par des polluants, renforçant ainsi la protection de l'environnement sur les sites de forage. [45]

I.1.5.3. Techniques de traitement des déchets de forage

Le traitement des déchets de forage repose sur un ensemble de techniques visant à réduire leur toxicité environnementale et à les transformer en matériaux stables ou réutilisables, conformément aux normes environnementales actuelles. [46]

I.1.5.3.1. Stabilisation et solidification

Les techniques de stabilisation et de solidification figurent parmi les méthodes les plus importantes pour le traitement des déchets dangereux. Les déchets sont mélangés à des liants tels que le ciment ou la chaux pour les transformer en un matériau solide stable qui réduit le risque de migration des polluants dans l'environnement.[47]

I.1.5.3.1.1. Stabilisation

Le processus de stabilisation vise à réduire la solubilité ou la migration des polluants dans l'environnement, limitant ainsi leur impact sur les sols et les eaux souterraines.[48]

I.1.5.3.1.2. Solidification

Le procédé de solidification transforme les déchets en une masse solide à structure stable, réduisant ainsi la dispersion des polluants et améliorant leurs propriétés physiques [49]

I. 1.5.3.1.3. Procédures de mise en œuvre

Les techniques de solidification et de stabilisation sont appliquées à l'aide de liants tels que le ciment ou la chaux, mélangés aux déchets pour assurer leur stabilité chimique et physique et améliorer leurs propriétés finales [40]

I. 1.5.3.2.Désorption thermique

La technique de désorption thermique consiste à chauffer les déblais de forage à haute température afin d'éliminer les composés organiques, notamment les hydrocarbures , et de les convertir en gaz qui sont ensuite traités en toute sécurité [31]

Conclusion :

En somme, ce chapitre a permis de définir les sources de pollution liées aux opérations de forage, notamment les déblais et les fluides usés. Il a démontré que la maîtrise des impacts environnementaux repose sur une approche intégrée combinant bonnes pratiques opérationnelles et technologies de traitement avancées. Ces éléments théoriques constituent le socle indispensable pour évaluer les mesures techniques déployées par la société DFSP.

Chapitre II:
Présentation de la
zone d'étude

Introduction :

Ce chapitre présente le cadre géographique et institutionnel de notre étude, en se concentrant sur la région de Hassi Messaoud, pôle névralgique de l'industrie pétrolière algérienne. Il décrit les caractéristiques environnementales sensibles de ce milieu saharien et détaille l'organisation de l'entreprise DFSP. L'objectif est de situer les activités de forage dans leur contexte opérationnel et environnemental réel afin de mieux appréhender les défis de la gestion des déchets.

II.1. Description environnementale de la région de Hassi Messaoud.

II.1.1 Situation géographique :

La région de Hassi- Messaoud représente la zone stratégique pour la société SONATRACH, car elle dispose du plus grand gisement de pétrole en Algérie. Elle occupe la partie centrale de la plateforme saharienne. Le champ de Hassi- Messaoud se situe à environ 850 km au Sud Est d'Alger et à 350 km de la frontière tunisienne. Aussi bien, elle se situe environ à 86 km au Sud Est d' Ouargla et à 172 km au Sud de Touggourt (voir fig 11).[42]

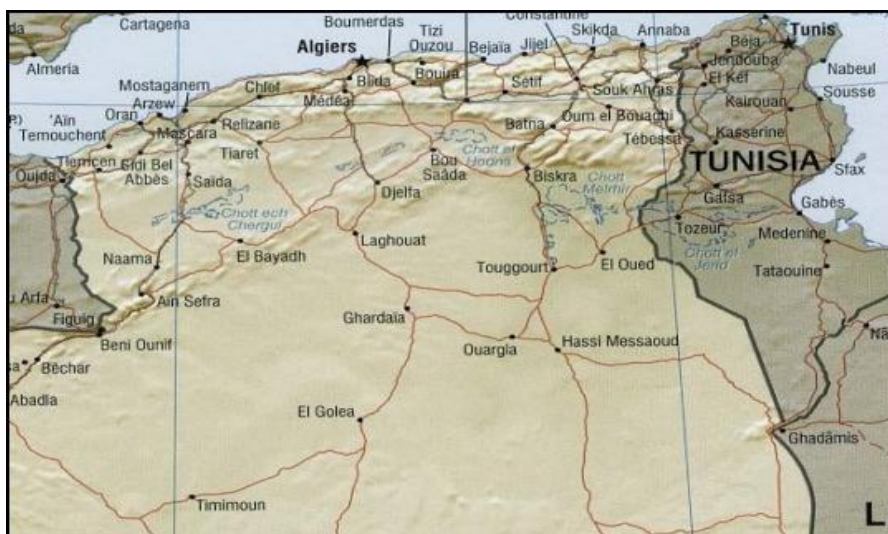


Figure.II .1: Situation géographique de HMD (monographie, 2008)

Par rapport aux autres gisements, le champ de Hassi Messaoud est limité :

- ✓ au nord-ouest par les gisements d'Ouargla (Guellela, Ben Kahla et Haoud Berkaoui).
- ✓ au sud-ouest par les gisements d'El Gassi, Zotti et El Agreb.
- ✓ au sud-est par les gisements Rhourde El Baguel et Mesdar (monographie, 2008).

II.1.2. Relief et géomorphologie

La structure géomorphologique de la région de Hassi Messaoud se distingue par un relief globalement tabulaire et monotone, ce qui est particulièrement représentatif des paysages du Sahara algérien. Cette zone est essentiellement constituée de vastes étendues de regs, de plateaux sédimentaires anciens ainsi que de formations sableuses d'envergure. Le dynamisme éolien y exerce une influence prépondérante, dictant continuellement le déplacement et la formation des dunes tout en remodelant la topographie locale. D'un point de vue pratique, ces spécificités physiques et géologiques représentent des facteurs déterminants pour l'implantation, la stabilité et le développement des infrastructures pétrolières ainsi que pour la planification de l'ensemble des activités industrielles environnantes. [33]

II.1.3. Caractéristiques climatiques

La zone de Hassi Messaoud est soumise à un climat de type désertique hyperaride, qui se manifeste par des contrastes thermiques saisonniers extrêmes, incluant des étés caniculaires et des hivers relativement froids. Les précipitations y sont caractérisées par une rareté extrême et une forte irrégularité interannuelle, rendant les apports hydriques météoriques presque insignifiants. Parallèlement, l'intensité du rayonnement solaire engendre des taux d'évaporation potentielle extrêmement élevés tout au long de l'année. De surcroît, la région subit régulièrement des tempêtes de sable et des vents violents, des phénomènes climatiques majeurs qui augmentent les risques d'abrasion et d'ensablement, perturbant ainsi le fonctionnement nominal des installations industrielles et les opérations pétrolières sur site.[44]

II.1.4. Caractéristiques hydrogéologiques

L'aquifère de la région de Hassi Messaoud appartient au système aquifère du Sahara septentrional (SASS). Cette aquifère occupe une superficie de plus d'un million de km² dont 700000 km² en Algérie, 80000 km² en Tunisie, et 250000 km² en Lybie. Sa profondeur varie entre 1000 et 2000 m et consiste en une eau fossile car son temps de régénération est tellement long que les experts la considèrent comme une eau non renouvelable. Cet aquifère est constitué

d'une superposition de deux principales couches aquifères profondes : la formation du « continental intercalaire » (la plus profonde) et celle du « complexe terminal ».[35]

L'aquifère continental intercalaire (CI) : couvre approximativement 840000 km². La couche aquifère se compose de grès et de pierres à chaux dolomitique fissurées intercalée avec le sable, sable salé et argiles. Leur profondeur est environ 1150 m.[46]

L'aquifère du complexe terminal (CT) : il est plus récent et plus petit que le &continental intercalaire. Il occupe approximativement 350 000 km². C'est une eau potable et la principale formation de cet aquifère est le Mio-Pliocène. Il se situe a moins de 150 m en dessous du sol, son épaisseur moyenne est 240 m (Bied-Charreton, 2002).[47]

II.1.5. Ressources naturelles

La région de Hassi Messaoud jouit d'une renommée internationale en raison de l'abondance et de la richesse de ses ressources énergétiques fossiles. Elle abrite l'un des réservoirs d'hydrocarbures les plus vastes et stratégiques d'Algérie, ce qui en fait le pilier central de l'économie nationale et des exportations énergétiques du pays. Outre ses immenses réserves de pétrole brut, le sous-sol recèle des volumes considérables de gaz naturel associé et libre. Sur le plan hydrique, la région repose sur d'importantes nappes d'eaux souterraines profondes, qui s'avèrent indispensables pour l'approvisionnement des procédés industriels de forage, le maintien de la pression des gisements et la couverture des besoins domestiques des bases de vie.[38]

II.1.6. Faune et flore

En dépit des contraintes climatiques extrêmes et de l'aridité sévère du milieu, la région de Hassi Messaoud abrite un patrimoine biologique unique et hautement spécialisé. La flore locale est principalement constituée d'espèces végétales xérophiles et halophiles, dotées d'adaptations morphologiques et physiologiques remarquables pour tolérer le stress hydrique prolongé. De même, la faune locale est représentée par une diversité de vertébrés et d'invertébrés sahariens possédant des mécanismes de survie optimisés pour les milieux arides. Ces communautés biologiques, bien que discrètes, jouent un rôle fondamental dans le maintien de la biodiversité, la stabilisation des sols et la préservation de l'équilibre écologique fragile de cet écosystème saharien.[49]

II.1.7. Sensibilité environnementale de la région

L'écosystème saharien se caractérise par une vulnérabilité intrinsèque élevée et une faible résilience face aux perturbations anthropiques et industrielles. Les diverses opérations liées à l'exploration et à l'exploitation pétrolière sont susceptibles d'engendrer des impacts négatifs notables sur les compartiments physiques tels que la dégradation des sols, la pollution de l'air et la contamination des aquifères en l'absence de contrôles rigoureux. La préservation à

long terme de cet environnement fragile exige une vigilance constante à travers la mise en œuvre de stratégies d'atténuation strictes. Cela implique l'adoption de technologies propres, une surveillance environnementale continue et une gestion éco-responsable des déchets industriels dangereux.[40]

II.2. Présentation de DFSP:

DFSP est l'abréviation de Drilling Fluids Services aux Puits Elle a été nationalisée en institution nationale en 2022 après avoir été baptisée BASP est l'abréviation Baroid Algeria de Services aux Puits. Elle est la Joint-venture entre ENSP 40% et BAROID (Halliburton) 60%, elle a été créée en 2003.[41]



Figure.II.2:Emplacement de DFSP

II.2.1. Historique et création de DFSP

La Direction Forage et Services Puits (DFSP) représente une entité stratégique et hautement spécialisée de la compagnie nationale Sonatrach, instituée pour assurer un support technique de premier ordre aux opérations d'ingénierie des puits. Sa création émane d'une volonté institutionnelle d'optimiser l'efficacité opérationnelle et la rentabilité des chantiers de forage à travers la centralisation d'expertises pointues, de services de laboratoire et d'un suivi technique en temps réel. Au fil des décennies, la DFSP a su faire évoluer ses structures pour répondre aux défis techniques croissants de l'industrie pétrolière. Cette évolution s'est concrétisée par une intégration massive des innovations technologiques mondiales et une modernisation continue de l'ensemble de ses équipements de terrain.[52]

II.2.2. Activités principales de DFSP :

- Fournit des solutions techniques des fluides de forage.
- La distribution des produits de la boue de forage
- La mise à disposition de techniciens hautement qualifiés

- La mise à disposition des Cabines répondante aux exigences de nos clients
- Services Epuration mécanique & gestion des déchets de forage
- Central à boue (Fabrication et livraison de la boue) [43]

II.2.3. Les différents départements de DFSP :

- Département des opérations:
 - ✓ centrale à boue fixe.
 - ✓ centrale à boue mobile.
 - ✓ solide contrôle.
 - ✓ service technique
- Département du transport
- Département approvisionnement.
- Département finance et comptabilité.
- Département moyen généraux.
- Département HSE.[44]

II.2.4. Présentation de services laboratoire DFSP :

L'Entreprise DFSP possède plusieurs départements (mentionnées dans la première partie de ce rapport), et chacun de ces départements assurent des tâches bien spécifiques pour un unique objectif qui est la satisfaction de client en matière de produits et d'équipements et d'offrir une variété de services liées à la boue de forage.

Parmi ces départements on trouve le département des opérations qui inclue plusieurs services y compris le service technique (service laboratoire) qui est dirigé par un ensemble de personnels qualifiés, dont les tâches :

- ❖ Fabrication des échantillons de boue (dévers formulations) pour les tenders.
- ❖ Faire des tests (Classiques et spéciaux) sur des échantillons de boue selon la demande du client.
- ❖ Investigation sur des nouvelles formules.
- ❖ n des formules de boue (selon des conditions bien spécifiques). [45]

II.2.5. Missions et objectifs du laboratoire

Le laboratoire de la DFSP est investi d'une mission cruciale axée sur la réalisation d'analyses physico-chimiques approfondies sur une large gamme d'échantillons issus des activités pétrolières. Il intervient activement dans le contrôle de conformité des fluides industriels et assure le suivi analytique rigoureux des indicateurs environnementaux sur site. L'objectif principal de cette structure est de délivrer des rapports d'essais hautement fiables, précis et

reproductibles, conformément aux standards internationaux. Ces données scientifiques constituent un outil d'aide à la décision incontournable pour les ingénieurs d'exploitation, permettant de valider les choix techniques, d'anticiper les anomalies de forage et de garantir le strict respect des réglementations environnementales en vigueur.[46]

II.2.6. Équipements et moyens techniques du laboratoire

Pour mener à bien ses prérogatives analytiques, le laboratoire de la DFSP s'est doté d'un parc instrumental moderne et de haute technologie. Ces infrastructures techniques permettent la caractérisation fine des boues de forage, des eaux de process, des coupes d'hydrocarbures ainsi que des divers résidus et déchets pétroliers. Grâce à des instruments de mesure de pointe soumis à des calibrations régulières, le laboratoire est en mesure de fournir des résultats d'une grande exactitude, limitant ainsi les marges d'erreur. Cet investissement technologique continu reflète l'engagement de la direction à élever les standards de performance analytique, contribuant directement à l'amélioration de la sécurité des opérations et à l'efficacité de la surveillance environnementale.[37]

II.2.7. Système de management Qualité, Hygiène, Sécurité et Environnement (QHSE)

Dans l'optique de garantir l'excellence de ses prestations et d'assurer l'intégrité physique de son capital humain, la DFSP s'est engagée dans le déploiement d'un système de management intégré QHSE. Cette démarche managériale structurée vise à instaurer une dynamique d'amélioration continue des processus internes, tout en minimisant activement les risques professionnels inhérents aux activités industrielles. Le système intègre également des protocoles rigoureux conçus pour réduire l'empreinte écologique des opérations de forage. L'ensemble de cette politique repose sur une conformité stricte vis-à-vis de la législation nationale et sur l'alignement systématique avec les exigences des référentiels normatifs internationaux les plus exigeants.[44]

II.3.Présentation du site d'étude

II.3.1. Localisation du site d'étude

Le site faisant l'objet de notre étude s'insère géographiquement au sein de la vaste région de Hassi Messaoud, située dans la partie sud-est du territoire algérien, sous l'administration de la wilaya d'Ouargla. Ce territoire est mondialement reconnu comme étant le pôle névralgique et historique de l'industrie d'exploration et de production des hydrocarbures à l'échelle nationale. En raison de sa configuration géophysique et de l'envergure des infrastructures industrielles qui y sont implantées, cette zone revêt un caractère hautement stratégique. Elle

constitue par conséquent un laboratoire à ciel ouvert particulièrement pertinent pour l'évaluation des interactions entre les activités de raffinage/extraction et la préservation de l'environnement saharien.[39]

II.3.2. Description des installations

Le complexe industriel du site regroupe une diversité d'infrastructures techniques spécialement configurées pour les opérations de contrôle, d'expertise et d'assistance logistique. Le site abrite des unités de laboratoires spécialisées, des zones d'entreposage sécurisées pour les produits chimiques, ainsi que des réseaux de distribution de fluides et d'énergie hautement sécurisés. Chaque espace est pourvu d'appareillages de pointe indispensables au prétraitement, à la conservation et à l'analyse méthodique des échantillons prélevés sur le terrain. L'agencement de ces structures a été pensé de manière à garantir une fluidité maximale dans le déroulement des processus techniques, tout en observant scrupuleusement les consignes de sécurité industrielle.[39]

II.3.3. Activités réalisées sur le site

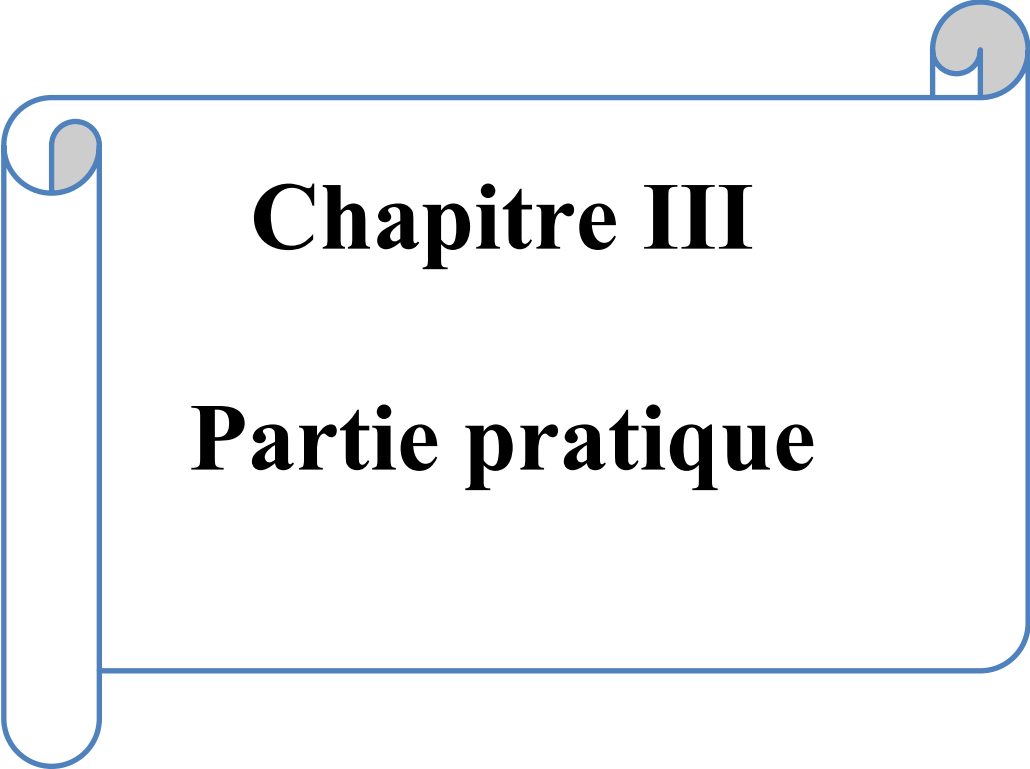
Les opérations quotidiennes exécutées au sein de ce site s'articulent principalement autour des analyses de laboratoire à haute valeur ajoutée, du contrôle de qualité des intrants industriels et de la surveillance environnementale continue. Les équipes techniques y assurent également un rôle d'assistance et d'expertise direct auprès des unités de forage opérationnelles situées en amont. L'ensemble de ces interventions permet de diagnostiquer précisément les propriétés physico-chimiques des différents échantillons collectés. Les banques de données ainsi générées s'avèrent cruciales pour orienter les ingénieurs vers l'optimisation des rendements industriels, la réduction des coûts opératoires et la maîtrise des risques techniques sur les puits.[50]

II.3.4. Sources potentielles d'impacts environnementaux

Le fonctionnement des installations génère intrinsèquement plusieurs sources de nuisances environnementales potentielles qui nécessitent une évaluation et un suivi rigoureux. Parmi les principaux facteurs de risques, on recense la production de déchets industriels solides et semi-solides, les rejets d'effluents liquides chargés (eaux de production), ainsi que les émissions atmosphériques diffuses ou canalisées issues des procédés de combustion. De plus, la manipulation et le stockage de substances chimiques de synthèse représentent un risque de contamination accidentelle des sols. Une gestion environnementale intégrée, basée sur le traitement à la source et le recyclage, s'avère donc indispensable pour neutraliser ces risques de pollution et préserver l'écosystème récepteur.[51]

Conclusion :

L'analyse de la zone d'étude et de l'organisme d'accueil souligne la complexité de gérer des activités pétrolières dans un écosystème saharien fragile. L'entreprise DFSP, à travers ses infrastructures de laboratoire et ses protocoles QHSE, s'inscrit dans une démarche de conformité aux standards environnementaux. Cette présentation permet de valider la pertinence des équipements étudiés pour atténuer les impacts des opérations de forage dans cette région stratégique.



Chapitre III

Partie pratique

Introduction :

Ce chapitre constitue le volet empirique de l'étude, axé sur l'analyse technique des procédés de gestion des déchets mis en œuvre par DFSP. Il détaille le fonctionnement des systèmes de contrôle des solides (online) et des unités de désorption thermique (offline) utilisés pour le traitement des déblais de forage. L'analyse vise à évaluer l'efficacité de ces technologies dans la réduction de la pollution à la source et le recyclage des matériaux.

III.1.Traitement online

System solide control et Waste management

Equipement control de solide

III1.1. Shale Shaker

L'objectif principal du Shale Shaker est d'éliminer autant que possible les déblais de forage sans perdre des quantités excessives de fluide de forage. Ces deux objectifs exigent que les déblais (ou solides forés) soient transportés hors du tamis tout en permettant simultanément la séparation et l'élimination de la majeure partie *du* fluide de forage des déblais.

Souvent, le seul objectif mentionné du Shale Shaker est d'éliminer la quantité maximale de solides forés. Arrêter le Shale Shaker est le moyen le plus simple d'éliminer la plus grande quantité de solides forés

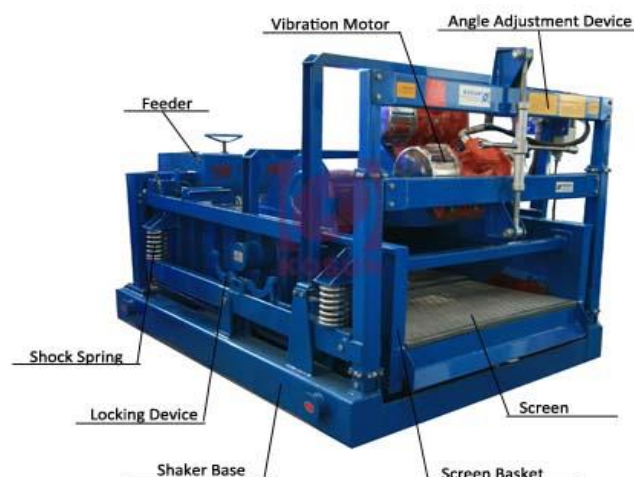


Figure.III.1: Shale Shaker

III1.2.Mud Cleaner

Le Mud Cleaner est un ensemble composé d'hydrocyclones montés au-dessus de tamis à mailles fines ; il est utilisé dans le traitement des fluides de forage pour séparer les particules solides fines tout en conservant le fluide de forage (boue.)

Cet appareil vise à éliminer les particules de forage dont la taille varie approximativement entre 74 et 177 microns, particules que les tamis vibrants traditionnels ne peuvent pas séparer efficacement. Il permet également de récupérer une grande partie de la barytine (Barite) présente dans la boue calibrée, ce qui préserve les propriétés de la boue de forage et réduit les coûts. Le Mud Cleaner reçoit le fluide sortant des hydrocyclones puis le fait passer à travers un tamis vibrant, où les particules solides sont éliminées tandis que la boue propre retourne dans le circuit de circulation.

Cet appareil constitue ainsi une étape intermédiaire importante entre le tamis vibrant (Shale Shaker) et l'étape de traitement fin (Desilter/Centrifuge), et contribue à améliorer la qualité de la boue ainsi qu'à réduire les problèmes tels que l'accumulation de matières solides, l'augmentation de la viscosité de la boue et le colmatage des tuyaux.

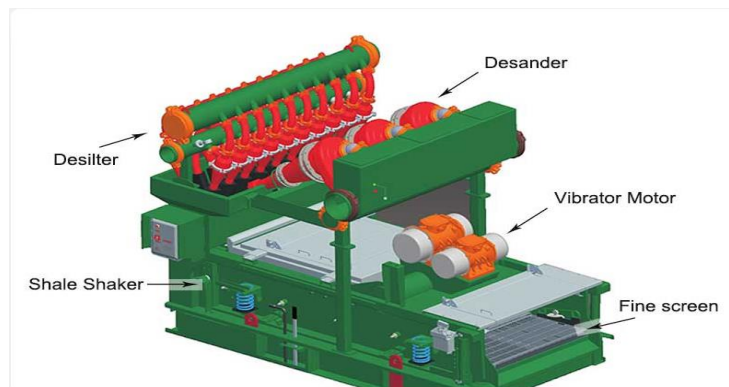


Figure.III.2: Mud Cleaner

III.1.3.Centrifugeuses

Les centrifugeuses de décantation sont des dispositifs mécaniques utilisés pour séparer les solides des boues dans de nombreux procédés industriels. Dans le forage pétrolier, les centrifugeuses servent à traiter les fluides de forage en les séparant en deux flux, l'un à haute densité et l'autre à faible densité, ce qui permet de les séparer l'un de l'autre. Cette séparation est obtenue par sédimentation accélérée. Lorsque le fluide de forage passe à travers un bol en rotation rapide, la force centrifuge déplace les particules les plus lourdes vers la paroi du bol, où elles sont raclées vers les orifices de décharge du flux inférieur (boue lourde) par une vis sans fin concentrique, également appelée spirale ou convoyeur, qui tourne à une vitesse légèrement inférieure à celle du bol. La séparation des particules les plus lourdes divise le fluide traité en deux flux : la phase lourde, également appelée « sous-écoulement » ou « gâteau » ; et

la phase plus légère, appelée « surécoulement » « boue légère », « effluent » ou « centrate »

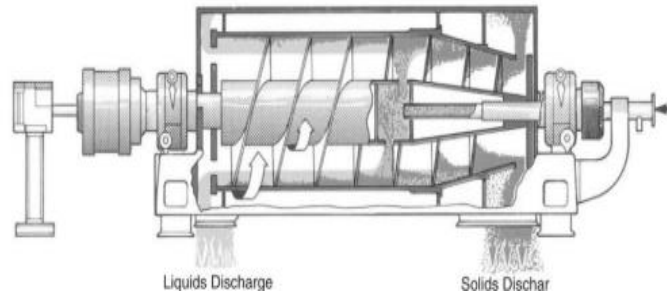


Figure.III.3: Centrifugeuses

System waste management

III.1.4.DRYER

The Baroid V-133 Cuttings Dryer is a screen type centrifuge in which the flow of the feed material through the centrifuge is automatically controlled to obtain liquid-solid separation. Figure 7 shows the flow of material through the Baroid V-133 Cuttings Dryer. A study of this diagram will enable the operator to more clearly understand the operation of the unit. After the feed is introduced through the feed chute, it is immediately accelerated to machine speed by the cone cap and flights and is directed to the screen surface. Liquid-solid separation starts immediately upon contact with the screen surface. The flow rate over the screen is controlled by the speed differential between the cone and the basket and by the flights, which also agitate or roll the solids to further assist separation. Solids are discharged at the screen bottom and fall by gravity into the discharge area of the machine. Solids can be collected by the operator's hopper or conveying means directly underneath the machine. Liquids are discharged through the screen, caught in the launder area and discharged through the effluent openings. Lubrication is provided with an external circulating oil pump. Oil pump and filter are connected to the outside of the machine for easy access.

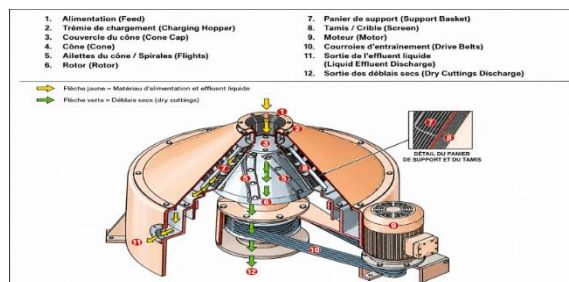


Figure.III.4: cheminement du procédé à travers le sécheur vertical

III.1.5. Stockage des déblais de forage

Le stockage des déblais de forage constitue une étape essentielle dans le système de contrôle des solides et de gestion des déchets de forage. Après le passage des cuttings à travers les différents équipements de traitement tels que le Shale Shaker, le Mud Cleaner, la centrifugeuse, puis le Cuttings Dryer, les solides sont acheminés vers des unités de stockage adaptées.

Ces déblais sont généralement collectés dans des conteneurs fermés ou des bassins aménagés (réserves ou bennes de stockage), afin d'éviter toute contamination du sol et des eaux souterraines. Cette étape permet également de faciliter le transport des déchets vers un traitement final ou une élimination conforme aux exigences environnementales.

Le stockage joue ainsi un rôle intermédiaire dans la chaîne de traitement, en assurant la gestion temporaire des déchets tout en réduisant les risques environnementaux et en optimisant le contrôle des volumes générés par les opérations de forage. Il s'inscrit dans une approche de type circuit fermé (Closed Loop System) visant à améliorer l'efficacité globale du traitement des déblais.

III.2. Traitement off line**(ITDU) UNITÉ DE DÉSORPTION THERMIQUE****APERÇU GÉNÉRAL****III.2.1. APERÇU COMPLET DE L'ÉQUIPEMENT**

L'équipement de désorption thermique continue Jerih (ci-après dénommé "l'équipement") est un ensemble de produits de protection de l'environnement avancés pour le traitement des déchets huileux, dont les objets de traitement sont principalement des déchets pollués par des composés organiques volatils tels que les hydrocarbures pétroliers (tels que les déblais de forage pétrolier, les boues pétrolières, les sols contaminés par les pesticides)

Le mode de chauffage indirect est adopté pour l'équipement, qui chauffe les déchets huileux dans un environnement sans oxygène, vaporise les polluants qu'ils contiennent, et entre dans le dispositif de condensation par pulvérisation par aspiration à pression négative. Les polluants après condensation par pulvérisation sont condensés en liquide et entrent dans le dispositif de séparation pour la séparation et la récupération, et les polluants récupérés peuvent être réutilisés comme matière première industrielle

L'indice de teneur en polluants résiduels après traitement de l'équipement répond aux normes nationales, ce qui en fait le choix principal actuel pour le traitement des déchets huileux dans l'industrie pétrolière et chimique. La conception modulaire montée sur skid est utilisée dans l'équipement, ce qui est pratique pour l'installation et le transport secondaire

III.2.2. PROCESSUS TECHNOLOGIQUE DE SÉPARATION DE PHASE INDUITE THERMIQUEMENT

- a) Les déchets huileux sont acheminés uniformément et en continu vers le système de séparation de phase thermique via le système d'alimentation
- b) Les polluants contenus dans les déchets huileux se vaporisent et se volatilisent dans le système de condensation par pulvérisation sous aspiration à pression négative après que les déchets huileux aient été chauffés indirectement
- c) Les polluants sont condensés en liquide dans le système de condensation par pulvérisation, et entrent dans le système de séparation et de récupération pour la récupération. Les gaz non condensables qui ne peuvent pas être condensés en liquide entrent dans le système d'oxydation pour la combustion

- d) Dans le système de séparation et de récupération, les polluants liquides sont récupérés, et l'eau de circulation par pulvérisation entre à nouveau dans le système de condensation par pulvérisation après précipitation pour effectuer l'opération de pulvérisation
- e) Le résidu de phase solide produit par les déchets huileux après avoir été traités par le système de séparation de phase induite thermiquement est évacué par le système de décharge

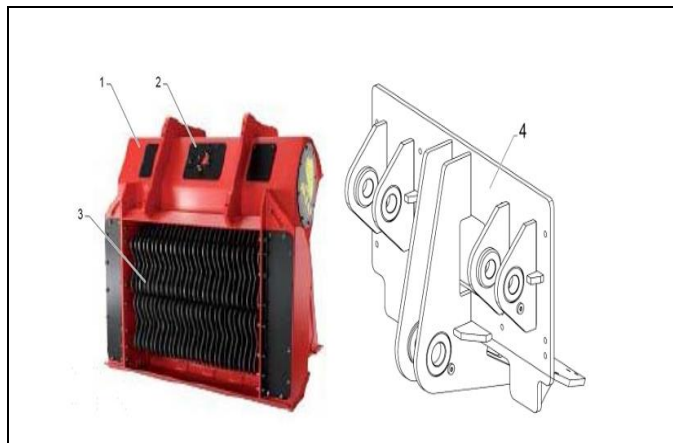
III.2.3. ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL APPROPRIÉ

- a) L'équipement doit être placé sur un sol horizontal dans un endroit bien ventilé
- b) Il est strictement interdit d'installer l'équipement sur une fondation molle. Se référer au plan d'implantation de l'équipement pour la capacité portante du sol
- c) La température ambiante de fonctionnement de l'équipement est contrôlée entre 0°C et +40°C, et l'humidité relative ne dépasse pas 85%, ce qui convient à une utilisation à long terme en extérieur et dans un environnement ouvert

III.2.4. ÉQUIPEMENT DE PRÉTRAITEMENT

Les équipements de prétraitement sont des dispositifs auxiliaires pour les excavatrices hydrauliques, les chargeurs et les châssis principaux similaires qui peuvent cribler, casser, aérer, mélanger et charger différents types de matériaux

Les équipements de prétraitement comprennent l'ensemble du système de godet, l'ensemble du système de transmission, l'ensemble du système hydraulique, etc. L'équipement de prétraitement utilise la rotation à grande vitesse du rouleau pour réaliser le concassage et le criblage du matériau, afin d'obtenir le matériau requis. Le milieu traité par l'équipement de prétraitement est le sol contenant de l'huile, de l'eau, des pierres, des briques, du bois et d'autres débris. Il n'a pas la fonction de creuser un sol dur, de casser des roches dures ou de transporter des objets lourds de grande taille



- 1 Ensemble de système a godets
- 2 Assemblage du système hydraulique
- 3 Ensemble du system de transmission
- 4 Plaque de raccordement

Figure.III .5: Schéma structurel de l'équipement de prétraitement

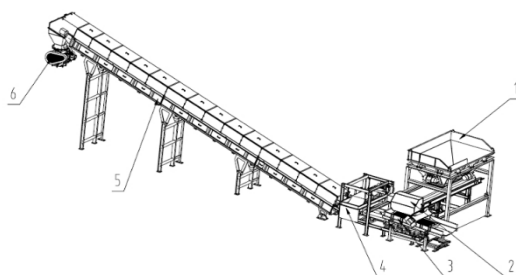
III.2.4.1.PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'équipement de prétraitement est installé sur la machine principale (excavatrice/chargeur), et la puissance hydraulique de la machine principale est utilisée pour réaliser la rotation avant et arrière du rouleau, et les matériaux dans le godet sont criblés, cassés et mélangés, afin d'obtenir les matériaux requis

III.2.5. ÉQUIPEMENT D'ALIMENTATION

L'équipement est un équipement de réception et de transport de matériaux, son flux de travail principal est le suivant : le matériau à traiter est transporté par les engins de construction vers le silo, le fond de la balance à bande du silo transporte le matériau du silo vers le tamis vibrant, le tamis vibrant tamise le gros matériau vers le lieu de stockage, le matériau sous le tamis est acheminé par le convoyeur à bande d'alimentation vers le sas d'alimentation.

Le séparateur de fer est installé sur la partie supérieure du convoyeur à bande d'alimentation pour éliminer les impuretés de fer dans le matériau. Le sas d'alimentation transfère le matériau vers la vis d'alimentation et empêche l'échappement des gaz de combustion dans le four de l'équipement de séparation de phase chaude



- 1 Trémie d'alimentation
- 2 Balance à bande
- 3 Crible vibrant
- 4 Séparateur magnétique
- 5 Convoyeur à bande
- 6 Alimentation

Figure.III.6 Schéma structurel de l'équipement d'alimentation

III.2.6. ÉQUIPEMENT DE DÉCHARGE

L'équipement de décharge est un dispositif de collecte, de transport et de refroidissement des résidus de phase solide dans le processus de séparation de phase chaude. Il est principalement composé d'une vanne à guillotine, d'un sas de décharge, d'un convoyeur à raclettes, d'une machine de refroidissement de scories à rouleaux et d'un convoyeur à vis de pulvérisation. En contrôlant l'écart entre le rotor et la coque ainsi que la fonction d'étanchéité du matériau, le sas de gaz de décharge a pour but de bloquer le gaz afin d'empêcher l'air extérieur de pénétrer dans l'équipement de séparation de phase chaude par l'équipement de décharge pour produire un phénomène de déflagration. Le convoyeur à raclettes transportera le matériau à haute température vers la machine de refroidissement de scories à rouleaux, le matériau refroidi est transporté vers le dispositif de stockage de matériau par le convoyeur à vis de

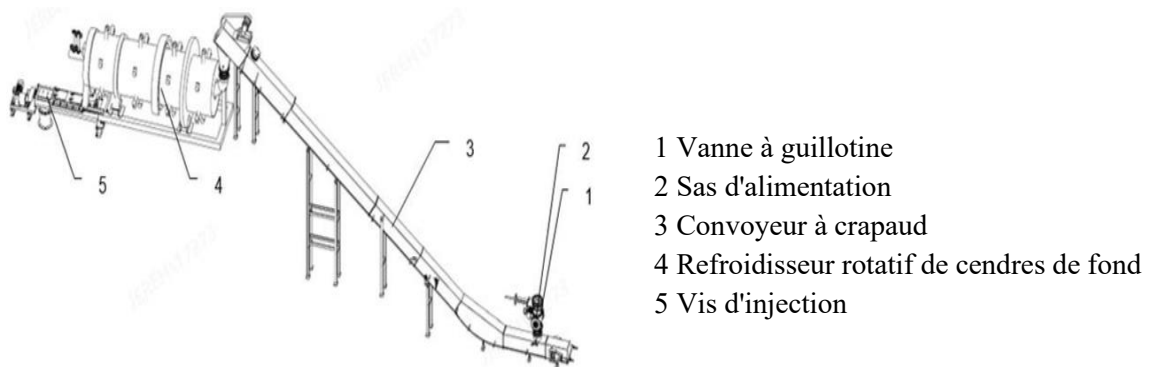


Figure.III. 7: Schéma de principe d'un équipement de déchargement

III.2.7.ÉQUIPEMENT D'EXTRACTION DE CHALEUR

L'équipement d'extraction de chaleur est l'un des équipements centraux du processus de séparation de phase induite thermiquement. Entraîné par le système d'alimentation, le matériau d'alimentation entre dans la chambre de réaction inclinée depuis l'ensemble de la vis de poussée, et la température de chauffage et le temps de chauffage sont contrôlés par l'ensemble du système de combustion en l'absence d'oxygène. Les déchets huileux sont soumis à une séparation de phase induite thermiquement. Le matériau d'alimentation reçoit en continu la chaleur transférée du fond de la chambre de réaction. Après avoir été chauffé, le matériau volatil se transforme en phase gazeuse et passe à l'étape suivante de traitement. Le matériau de phase solide restant est évacué par l'orifice de décharge pour réaliser la séparation de phase induite thermiquement du matériau d'alimentati

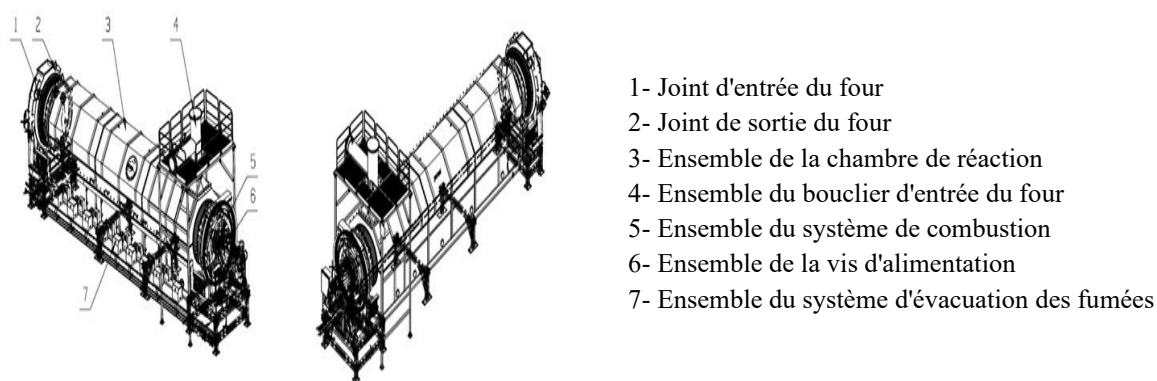


Figure .III. 8: Schéma structurel de l'équipement d'extraction de chaleur

III.2.8. OXYDATEUR

Les fonctions principales de l'Oxydateur sont : 1, par le système d'incinération des gaz résiduels pour traiter les gaz non condensables de l'équipement ; 2. les gaz de combustion générés par la combustion du carburant dans l'équipement de séparation de phase thermique et le système d'incinération des gaz résiduels sont traités et rejetés dans l'atmosphère extérieure

Les gaz de combustion produits par le carburant entrent d'abord dans le dispositif de refroidissement des gaz de combustion. Après refroidissement, la température des gaz de combustion est $< 180^{\circ}\text{C}$, et les gaz de combustion refroidis entrent dans le dispositif de désulfuration. Le SO_2 dans les gaz de combustion est efficacement éliminé par pulvérisation circulante avec une solution d'hydroxyde de sodium, et le dioxyde de soufre dans les gaz de combustion est finalement éliminé, afin d'atteindre la norme d'émission des gaz de combustion

L'oxydateur est équipé d'un système de dosage pour la distribution de solution d'hydroxyde de sodium, qui est transportée quantitativement vers le système de pulvérisation par une pompe doseuse

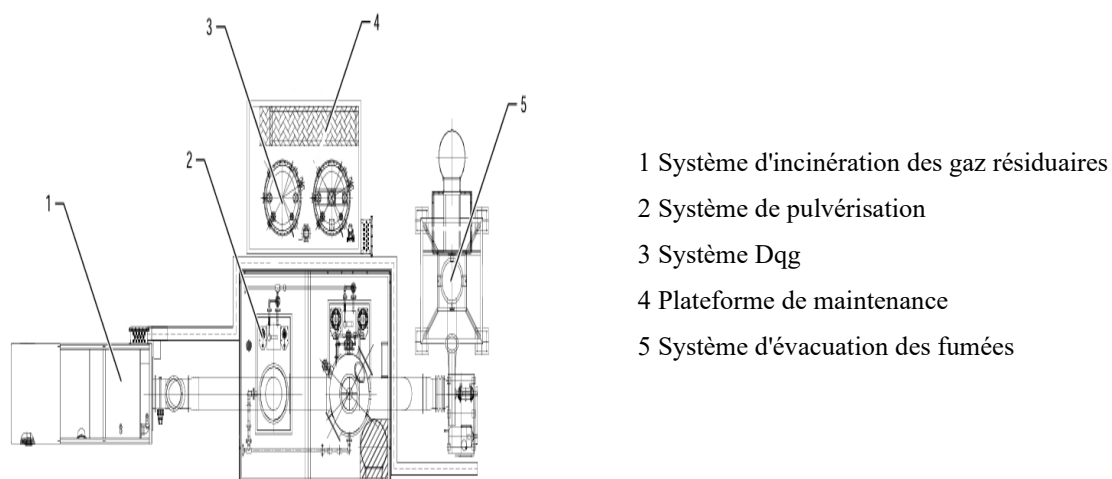


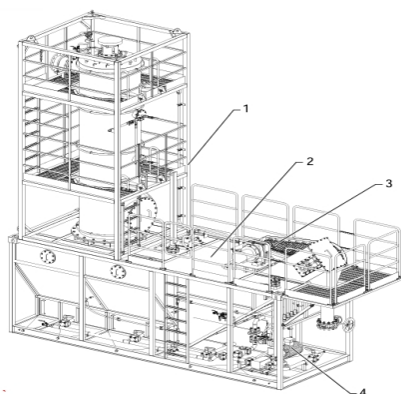
Figure.III .9: Schéma de principe d'un oxydateur

III.2.9. ÉQUIPEMENT DE SÉPARATION PAR DÉCANTATION

Le gaz de fraction après séparation de phase chaude entre dans le réservoir de pulvérisation par le tuyau d'extraction, refroidit et condense l'huile et le gaz dans le gaz par l'eau de pulvérisation du système de pulvérisation, et la poussière dans le gaz est entraînée dans le processus de condensation, le liquide condensé tombe dans le système de séparation par sédimentation, et le gaz non condensable après traitement par pulvérisation monte dans l'équipement de condensation secondaire

Le mélange d'huile, d'eau et de poussière tombe dans le bac de décantation du système de séparation par sédimentation à travers le cône. En raison de la densité différente du mélange dans le bac de décantation, l'huile moins dense flotte dans la couche supérieure, et la boue plus dense se dépose au fond du godet à boue. Le mélange biphasique après décantation et séparation est divisé en deux couches relativement évidentes, et la séparation des deux phases d'huile et de boue est finalement réalisée

La phase huileuse s'écoule vers le réservoir tampon par la plaque de débordement dans le réservoir de décantation, et le capteur de niveau de liquide est réglé sur le réservoir tampon. Lorsque le niveau de liquide du réservoir atteint la valeur définie, le système contrôle automatiquement le système de décharge d'huile pour décharger l'huile vers l'équipement de séparation par décantation pour un traitement ultérieur. Les sédiments se déposant dans la trémie à boue sont transportés vers l'unité de traitement des boues de support par le système de décharge des boues



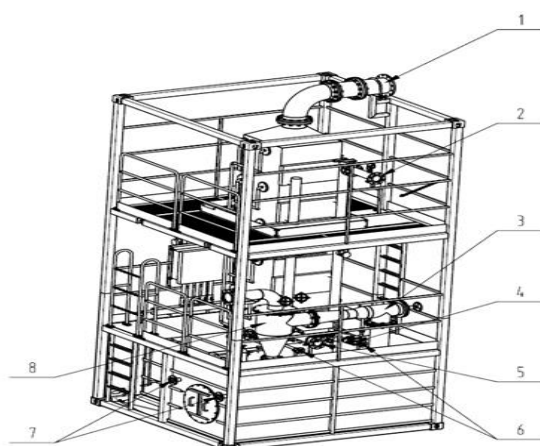
- 1 Système de pulvérisation
- 2 Système de séparation par sédimentation
- 3 Système d'évacuation des boues
- 4 Huile système de drainage

Figure.III .10: Schéma de principe du dispositif de condensation primaire

III2.10. ÉQUIPEMENT DE CONDENSATION SECONDAIRE

L'équipement de condensation secondaire est composé d'un système d'échange de chaleur, d'un système électrique, d'un système de collecteur, d'un système de dépoussiérage et de lavage, d'une boîte tampon et d'une structure de skid. Le gaz de fraction traité par l'équipement de condensation primaire entre dans l'équipement de condensation secondaire, et le gaz de fraction est ensuite condensé en huile légère et en eau dans l'équipement de condensation secondaire

Le gaz de distillation est transféré à travers l'échangeur de chaleur à tubes croisés. Le processus de la coque prend le gaz de distillation et le processus du tuyau prend le fluide de refroidissement. Le gaz de distillation passe à travers l'échangeur de chaleur à tubes croisés de haut en bas, et l'huile légère et l'eau condensées s'écoulent directement dans la boîte tampon



- 1- Entrée de gaz non condensable
- 2- Liquide de refroidissement
- 3- Dépoussiéreur à venturi
- 4 -Orifice de remplissage d'eau
- 5 -Entrée de liquide de refroidissement
- 6- Entrée d'eau de nettoyage par pulvérisation
- 7- Entrée des condensats de traitement des gaz
- 8- Dépoussiéreur à cyclone

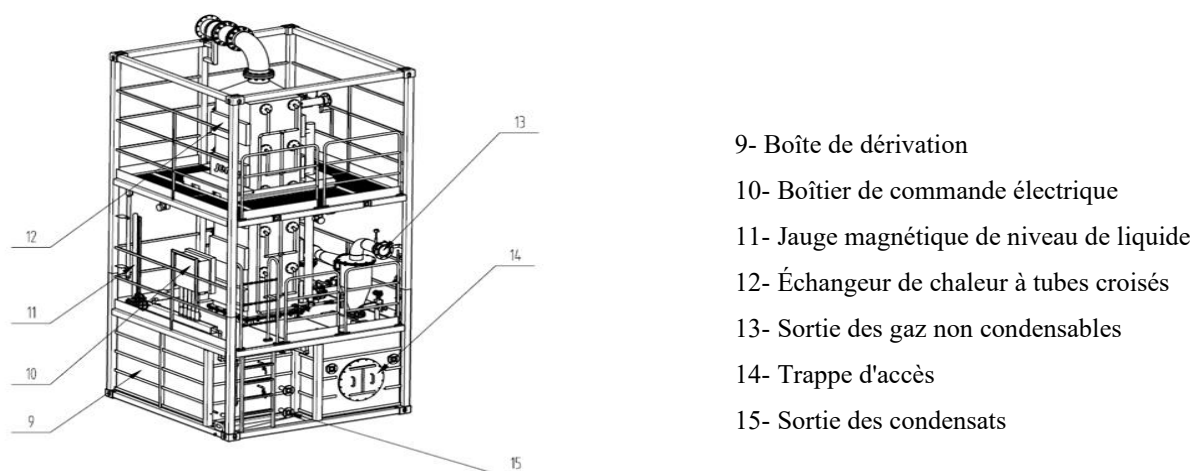


Figure. III. 11.Schéma de structure du secondaire

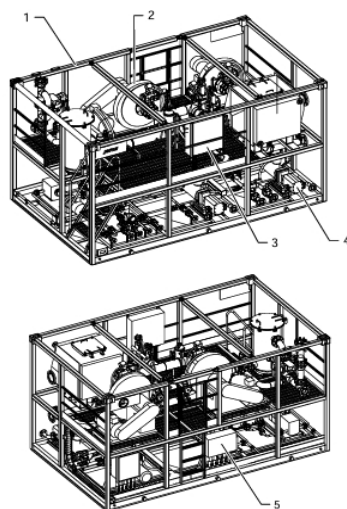
III2.11. ÉQUIPEMENT DE TRAITEMENT DES GAZ NON CONDENSABLES

L'équipement de traitement des gaz non condensables est l'équipement central du système de désorption thermique indirecte. Le gaz généré par l'équipement de désorption thermique entre dans l'équipement de condensation primaire, l'équipement de condensation secondaire et l'échangeur de chaleur pour la condensation. Après purification, le gaz non condensable dans l'équipement de condensation est acheminé vers le système de combustion de l'équipement de désorption thermique comme combustible supplémentaire. En cas d'urgence, il peut être directement évacué par le collecteur de décharge.

Le ventilateur adopte le type un pour l'utilisation et un pour la veille. Par l'aspiration du ventilateur, l'équipement de désorption thermique maintient un état de micro-pression négative. Les deux ventilateurs peuvent être commutés automatiquement par l'ouverture et la fermeture des vannes pertinentes. Le système de détection de la teneur en oxygène est principalement utilisé pour surveiller la valeur de la teneur en oxygène dans l'ensemble du système de gaz afin de garantir que la valeur de la teneur en oxygène est inférieure à 5 %.

Le système de pompage comprend le système de transport de liquide mixte de condensation secondaire, le système d'eau de pulvérisation, le système de décharge des boues et le système de décharge d'huile. Le système de transport de liquide mixte de condensation secondaire transporte le mélange huile-eau de l'équipement de condensation secondaire vers l'équipement de séparation par sédimentation. Le

système d'eau de pulvérisation transporte une partie de l'eau propre séparée de l'équipement de séparation par sédimentation vers l'équipement de condensation primaire pour la pulvérisation, et une partie vers l'équipement de condensation secondaire pour laver l'échangeur de chaleur. L'excès d'eau propre est ensuite transporté vers l'équipement de séparation par sédimentation. Le système de décharge des boues déchargera les sédiments déposés de l'équipement de séparation par sédimentation. Le système de drainage d'huile déchargera l'huile séparée de l'équipement de séparation par sédimentation



- 1 Châssis
- 2 Système de gaz non condensables
- 3 Système pneumatique
- 4 Système de pompage
- 5 Système électrique

Figure .III. 12: Équipement de traitement des gaz non condensables

III.2.12 ÉQUIPEMENT DE SÉPARATION PAR SÉDIMENTATION SECONDAIRE

Le mélange huile-eau de condensation primaire et secondaire entre dans le réservoir de séparation par sédimentation pour une séparation par sédimentation secondaire. La phase huileuse est transportée vers le réservoir d'huile du client par une pompe de vidange d'huile, et la phase aqueuse déborde vers le réservoir d'eau propre par une pompe de pulvérisation pour la pulvérisation de processus de l'équipement. Les eaux usées sont évacuées vers l'équipement de traitement des eaux usées du client par la décharge des boues.

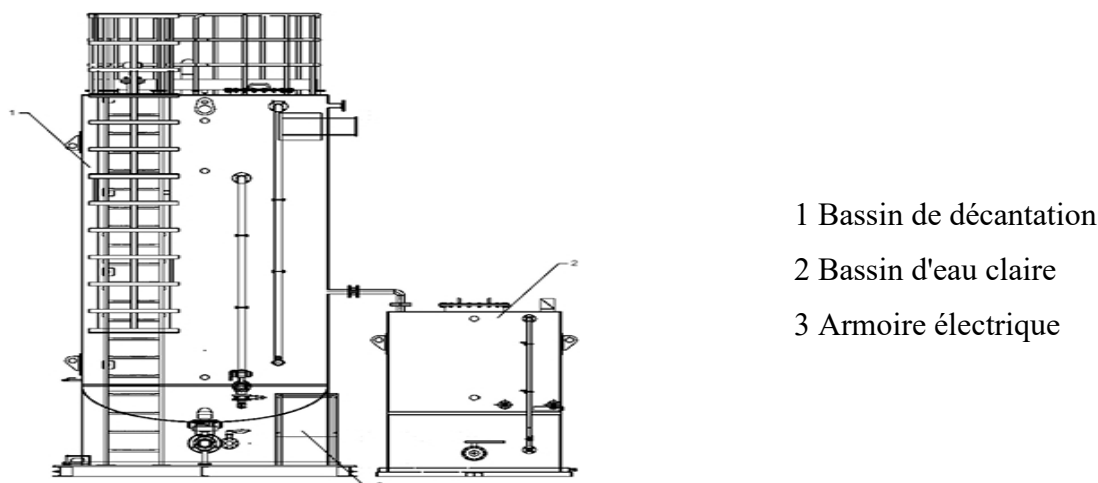


Figure. III .13: Schéma de principe d'un équipement de séparation par sédimentation

III.2.13. TOUR DE REFROIDISSEMENT FERMÉE

La tour de refroidissement fermée peut être installée à l'intérieur ou à l'extérieur, mais la tour de refroidissement fermée a besoin d'un espace suffisant pour effectuer les travaux d'entretien, et s'assurer que la tour de refroidissement fermée a une entrée et une sortie d'air suffisantes (cela n'affecte pas l'entrée d'air froid et la décharge d'air chaud, et la salle des machines avec de mauvaises conditions de ventilation doit être équipée d'un conduit d'air)

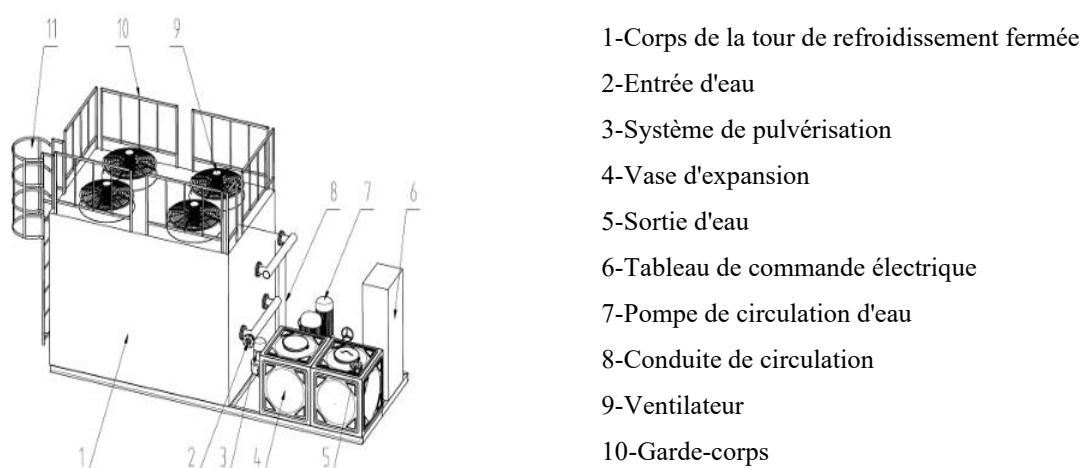


Figure .III .14: Schéma structurel d'une tour de refroidissement fermée

III.2.14. GÉNÉRATEUR D'AZOTE

Le générateur d'azote est basé sur le principe d'adsorption par variation de pression, l'utilisation de tamis moléculaire de carbone comme adsorbant, sous une certaine pression, à partir de l'air pour produire de l'azote. Après purification et séchage de l'air comprimé, l'adsorption sous pression et la désorption par décompression sont

effectuées dans l'adsorbeur. En raison de l'effet aérodynamique, le taux de diffusion de l'oxygène dans les micropores du tamis moléculaire de carbone est beaucoup plus élevé que celui de l'azote. L'oxygène est préférentiellement adsorbé par le tamis moléculaire de carbone, et l'azote est enrichi dans la phase gazeuse pour former l'azote fini. Après décompression à la pression atmosphérique, l'adsorbant désorbe l'oxygène et d'autres impuretés, pour obtenir la régénération. Deux tours d'adsorption sont installées dans le système, une tour de production d'azote par adsorption, l'autre tour de régénération par désorption, via le contrôleur de programme PLC qui contrôle l'ouverture et la fermeture des vannes pneumatiques, de sorte que les deux tours alternent la circulation, pour obtenir une production continue d'azote.

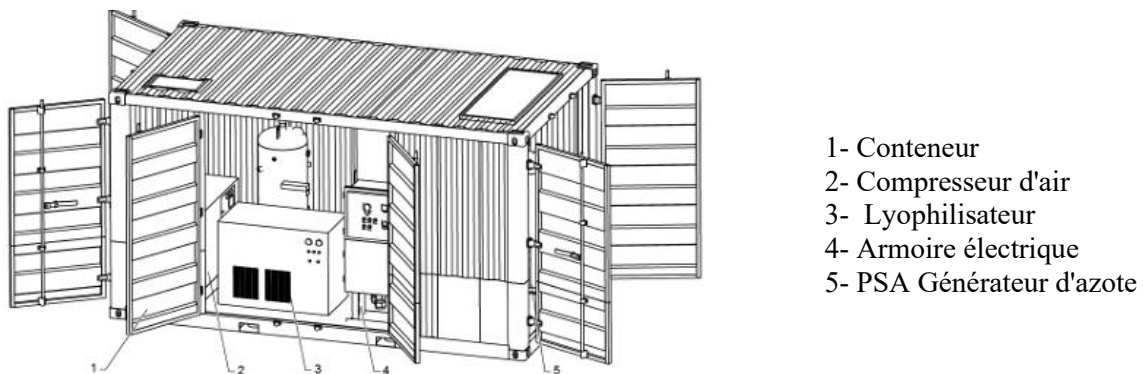


Figure .III .15: Schéma de principe d'un générateur d'azote

III.2.15. ÉQUIPEMENT DE CONTRÔLE CENTRAL

III.2.15.1.APERÇU DE L'ÉQUIPEMENT DE CONTRÔLE CENTRAL :

L'équipement de contrôle central fournit principalement une zone d'opération pour le fonctionnement des opérateurs sur site, et installe l'affichage, l'ordinateur industriel et d'autres équipements dans l'équipement de contrôle central. Ce chapitre présente principalement la composition du système de contrôle et le système d'exploitation de l'ordinateur supérieur.

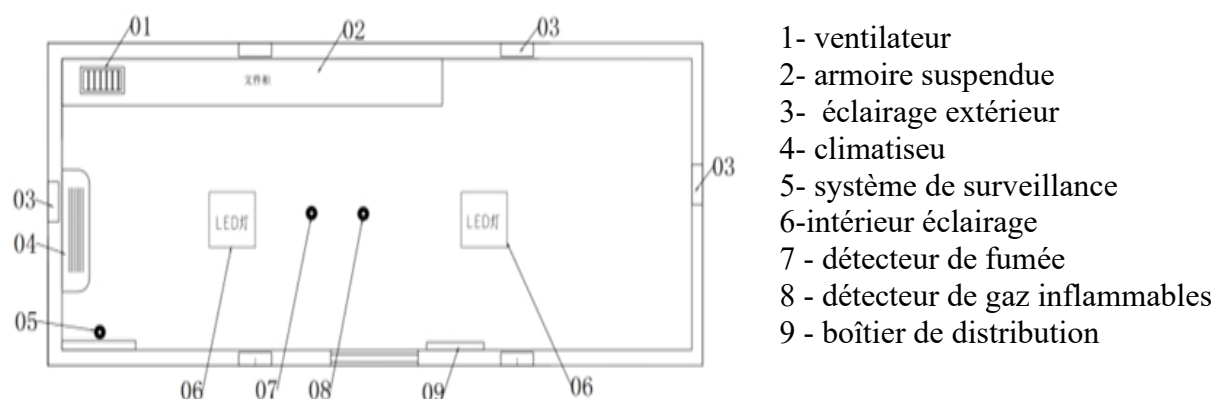


Figure .III .16: Vue de dessus de l'équipement de commande central

III.2.16. ÉQUIPEMENT DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE

III.2.16.1.APERÇU DE L'ÉQUIPEMENT DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE

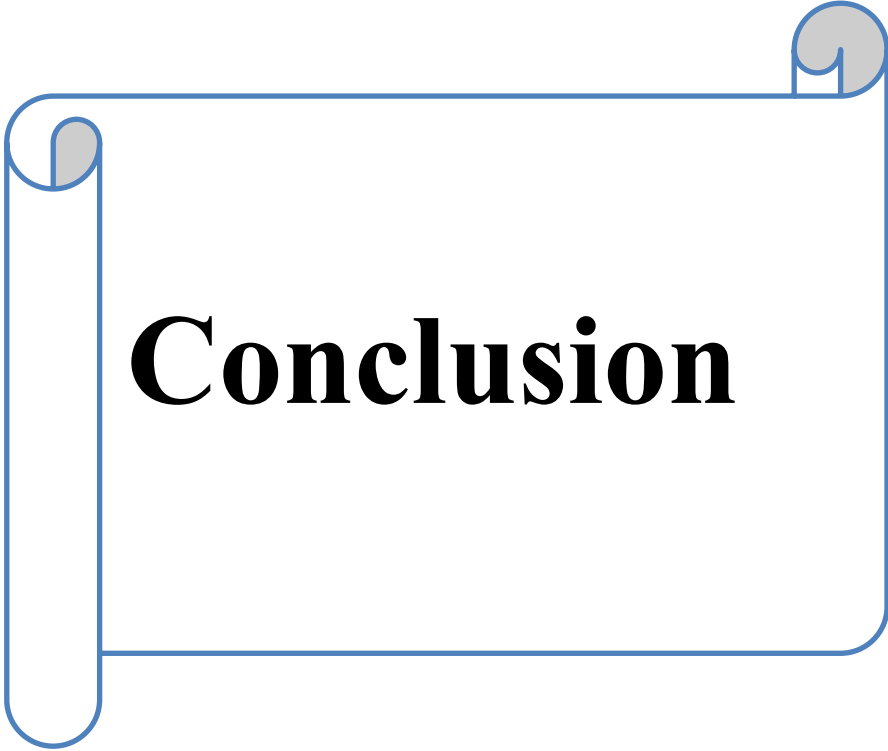
L'équipement de distribution d'énergie est un terminal qui fournit la demande de distribution d'énergie pour l'ensemble du système d'exploitation et intègre la demande de distribution d'énergie et d'autres fonctions de tous les équipements. En plus des installations de contrôle pertinentes, le skid est également équipé d'un système d'éclairage, d'un système de refroidissement et de chauffage (climatisation), etc.

Les portes et fenêtres de l'équipement de distribution d'énergie sont des produits standard ignifuges. L'ensemble du skid a une bonne performance d'étanchéité, et a la capacité d'empêcher la pluie, le sable et les vibrations.

Le cadre inférieur du skid de l'équipement de distribution adopte une structure de base en I, ce qui est pratique pour le levage, le transport et le déplacement. Une couche de laine de roche isolante thermique et une plaque de purification sont intégrées sur le côté et le dessus du skid. La surface intérieure du dessus du skid est une plaque d'aménagement marin résistante au feu, et la surface intérieure du côté est une plaque d'aménagement marin résistante au feu. La performance ignifuge est de grade B15, ce qui répond aux exigences de prévention des incendies et d'isolation thermique.

Conclusion :

Le volet pratique démontre l'efficacité des technologies de traitement, notamment les systèmes de séparation mécanique et l'unité de désorption thermique (ITDU). Ces solutions permettent non seulement de réduire le volume et la toxicité des déchets pétroliers, mais aussi de valoriser certains matériaux, illustrant ainsi l'engagement de DFSP envers la durabilité. Ces résultats valident l'importance de ces procédés pour assurer une gestion environnementale responsable des chantiers de forage.



Conclusion

Conclusion

Au terme de cette étude consacrée à l'évaluation des impacts environnementaux des activités de forage et aux méthodes de gestion des déchets appliquées au sein de DFSP à Hassi Messaoud, il apparaît que les opérations de forage constituent une activité essentielle dans l'industrie pétrolière. Cependant, elles génèrent également des déchets solides et liquides susceptibles d'affecter le sol, l'eau, l'air et l'équilibre écologique .

L'étude théorique a mis en évidence le rôle fondamental des fluides de forage dans la réussite des opérations de forage, ainsi que les risques environnementaux liés aux déblais de forage, aux hydrocarbures et aux produits chimiques utilisés. Elle a également démontré l'importance du cadre réglementaire algérien et des normes internationales dans la prévention et la réduction des impacts environnementaux .

La partie pratique réalisée au sein de DFSP a permis d'observer les différentes étapes du système de contrôle des solides et de gestion des déchets de forage. Des équipements tels que le Shale Shaker, le Mud Cleaner, les centrifugeuses et le Cuttings Dryer jouent un rôle important dans la séparation des solides et la récupération des fluides de forage afin de réduire les pertes et de limiter le volume des déchets générés .

L'étude de l'unité de désorption thermique (ITDU) a également démontré l'efficacité des technologies modernes dans le traitement des déchets huileux contaminés par les hydrocarbures. Cette technologie permet de réduire considérablement la teneur en polluants, de récupérer certains matériaux réutilisables et de limiter les risques de contamination des sols et des eaux souterraines .

Ainsi, l'approche de gestion environnementale adoptée par DFSP met en évidence l'importance de l'intégration des systèmes de traitement, de recyclage et de surveillance environnementale dans les activités pétrolières afin d'assurer des opérations plus sûres et plus respectueuses de l'environnement .

Résultats obtenus

Les activités de forage génèrent des déchets solides et liquides contenant des hydrocarbures et des substances chimiques pouvant provoquer une pollution environnementale .

Les fluides de forage jouent un rôle essentiel dans la stabilité du puits et l'efficacité des opérations de forage .

Conclusion

Le système de contrôle des solides contribue à réduire la quantité des déchets de forage et à améliorer la récupération des fluides de forage. Les équipements de traitement utilisés par DFSP contribuent à diminuer les impacts environnementaux liés aux opérations de forage .

L'unité de désorption thermique (ITDU) représente une solution efficace pour le traitement des déchets huileux et la réduction des polluants .

L'application des normes HSE et des réglementations environnementales améliore la sécurité et la protection de l'environnement sur les sites pétroliers .

Le recyclage des fluides et la réutilisation de l'eau permettent de réduire les coûts opérationnels et la consommation des ressources naturelles .

Recommandations Renforcer la surveillance environnementale sur les sites de forage afin de détecter rapidement toute fuite ou contamination .

Généraliser l'utilisation des systèmes de traitement et de recyclage des déchets de forage .

Réduire l'utilisation des produits chimiques toxiques dans les fluides de forage et adopter des produits plus respectueux de l'environnement. Assurer une maintenance régulière des équipements de contrôle des solides afin de garantir leur efficacité .

Former continuellement les travailleurs aux procédures HSE et aux méthodes de gestion environnementale .

Développer davantage les technologies de valorisation et de recyclage des déchets pétroliers .

Respecter strictement les normes environnementales nationales et internationales à toutes les étapes des opérations de forage .

Réaliser des études environnementales périodiques afin d'évaluer l'évolution des impacts liés aux activités pétrolières .

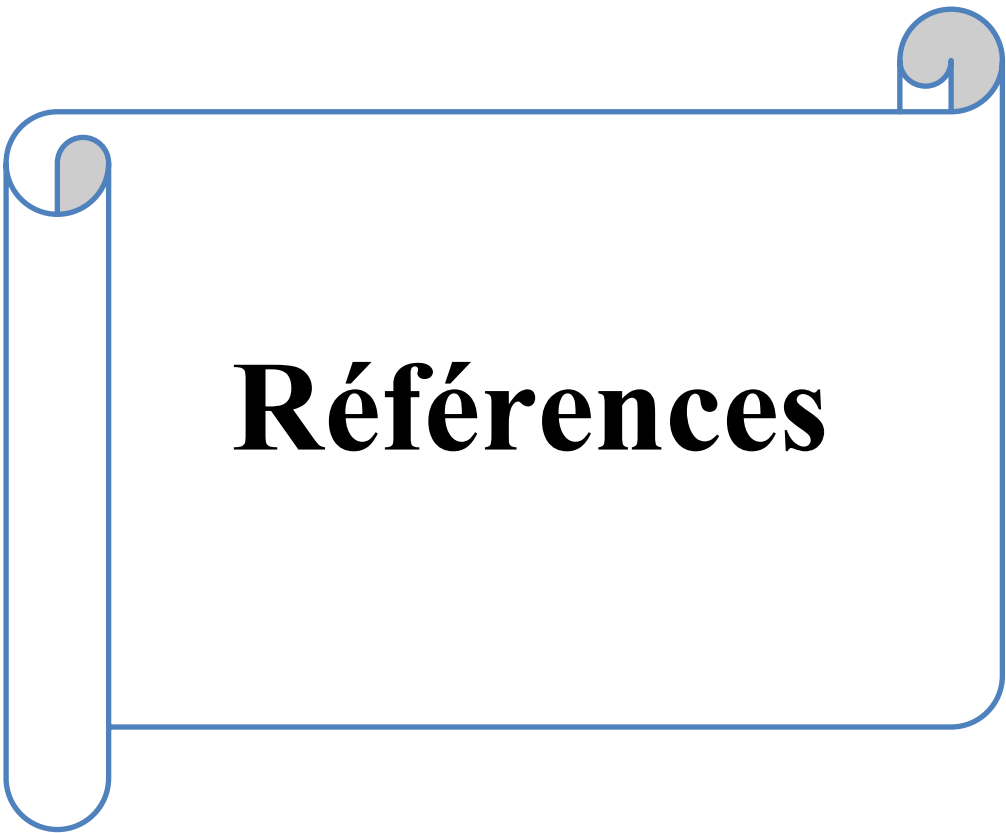
Encourager l'utilisation des systèmes en circuit fermé (Closed Loop System) afin de limiter les rejets de déchets dans l'environnement .

Sensibiliser les entreprises pétrolières à l'importance du développement durable et de la protection des ressources naturelles .

« En conclusion, cette recherche ne prétend pas cerner l'intégralité des aspects de ce sujet, mais demeure une contribution scientifique qui ouvre de nouvelles perspectives aux chercheurs. Dans cette optique, nous espérons que les futures études connexes contribueront à combler les lacunes et à parfaire les éventuels points manquants de ce travail, notamment en se focalisant sur le traitement et la valorisation

Conclusion

des huiles récupérées (objet de notre expérimentation) en vue de leur réutilisation comme combustibles ou matières premières. Cela s'inscrit dans le cadre du soutien à la stratégie de l'économie circulaire et garantit une protection optimale de l'écosystème environnemental au sein des champs pétroliers algériens. »



Références

Références

- [1] Bourgoyne, A.T., Millheim, K.K., Chenevert, M.E. & Young, F.S., Applied Drilling Engineering, SPE Textbook Series, 1986,
- [2] Rabia, H., Oilwell Drilling Engineering: Principles and Practice, Graham & Trotman, 2001, p. 15-28.
- [3] Yergin, D., The Prize: The Epic Quest for Oil, Money & Power, Simon & Schuster, 1991,
- [4] Mitchell, R.F. & Miska, S.Z., Fundamentals of Drilling Engineering, Society of Petroleum Engineers (SPE), 2011,
- [5] République Algérienne Démocratique et Populaire, Loi n°03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, Journal Officiel, 2003,
- [6] World Bank Group, Environmental, Health and Safety Guidelines for Onshore Oil and Gas Development, 2007
- [7] Glasson, J., Therivel, R. & Chadwick, A., Introduction to Environmental Impact Assessment, Routledge, 2012
- [8] Speight, J.G., Environmental Impact of Oil and Gas Exploration and Production, Gulf Professional Publishing, 2011
- [9] Cheremisinoff, N.P., Drilling Waste Management Handbook, Gulf Publishing, 2009
- [10] Speight, J.G., Water and Waste Management in the Petroleum Industry, Wiley, 2014,
- [11] Tissot, B.P. & Welte, D.H., Petroleum Formation and Occurrence, Springer, 1984
- [12] Azar, J.J. & Samuel, G.R., Drilling Engineering, PennWell, 2007
- [13] API (American Petroleum Institute), Oilfield Waste Management Practices, 2018
- [14] Geneletti, D., Ecological Impact Assessment, Springer, 2016,
- [15] de Nevers, N., Air Pollution Control Engineering, McGraw-Hill, 2010,
- [16] Murphy, E. & King, E., Environmental Noise Pollution, Elsevier, 2014,
- [17] Bhattacharyya, S.C., Energy Economics, Springer, 2011,
- [18] Morris, P. & Therivel, R., Methods of Environmental Impact Assessment, Routledge, 2009.

Références

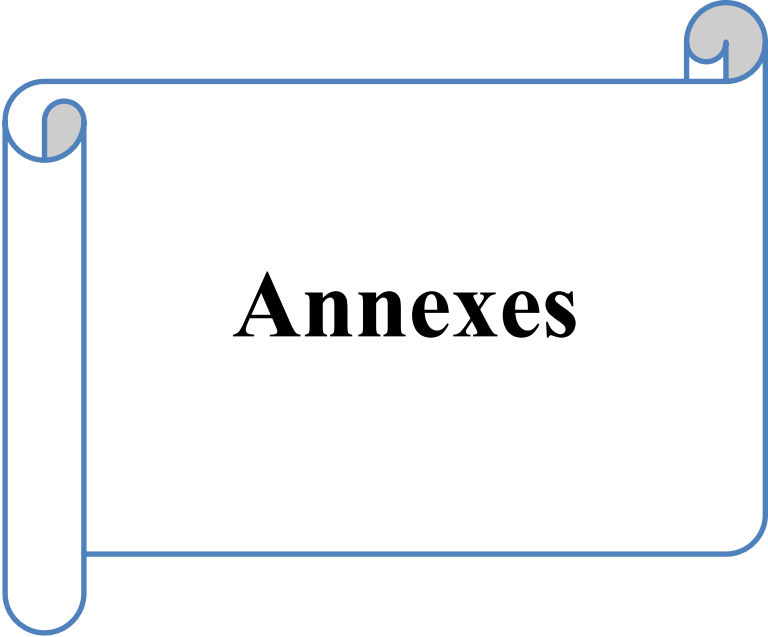
- [19] DFSP, Environmental Management System & Drilling Fluids Operations Report, Internal Technical Document, 2022,
- [20] Cheremisinoff, N.P., Drilling Waste Management Handbook, Gulf Publishing, 2009,
- [21] Harrison, R.M., Environmental Management in Oil and Gas Industry, Wiley, 2013,
- [22] Lake, L.W., Petroleum Engineering Handbook, Society of Petroleum Engineers (SPE), 2007,
- [23] ASME Shale Shaker Committee, Drilling Fluids Processing Handbook, 2005,
- [24] Speight, J.G., Water Management in the Petroleum Industry, Elsevier, 2014,
- [25] Otton, T., Oilfield Environmental Management, Springer, 2010,
- [26] Williams, P.T., Waste Treatment Technologies in the Oil Industry, Wiley, 2005,.
- [27] Freeman, H.M., Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment, McGraw-Hill, 2004
- [28] Peavy, H.S. & Row, D.R., Environmental Engineering, McGraw-Hill, 1985
- [29] LaGrega, M.D., Buckingham, P.L. & Evans, J.C., Hazardous Waste Management, McGraw-Hill, 2001
- [30] Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, 2003,
- [31] US EPA, Thermal Desorption Technology Overview, Environmental Protection Agency, 1994,
- [32].Presentation générale des Activités de forage Bourgoyne, A.T., Millheim, K.K., Chenevert, M.E., Young, F.S. (1986). Applied Drilling Engineering, SPE Textbook Series Vol..
- [33] Opérations de forage Rabia, H. (2001). Oilwell Drilling Engineering: Principles and Practice, Graham & Trotman
- [34] Notion et définition du forage Bourgoyne et al. (1986). Applied Drilling. Engineering
- [35] Évolution historique du forage Yergin, D. (1991). The Prize: The Epic Quest for Oil, Money & Power
- [36] Méthodes et techniques de forage Mitchell, R.F. & Miska, S.Z. (2011). Fundamentals of Drilling Engineering, SPE Textbook Series.
- [37] Les fluides de forage Bourgoyne, A.T. et al. (1986). Applied Drilling Engineering, SPE Textbook Series.

Références

- [38] Définition des fluides de forage Rabia, H. (2001). Oilwell Drilling Engineering: Principles and Practice.
- [39] ISO 14001 : Systèmes de management environnemental – Exigences et lignes directrices pour son utilisation, Organisation Internationale de Normalisation (ISO), Genève, Suisse, 2015.
- [40] Hamlat, Mohamed Salah : Gestion environnementale des activités pétrolières dans le Sahara algérien, Office des Publications Universitaires (OPU), Alger, Algérie, 2012.
- [41] Bensaad, Ali : Le Sahara algérien : Environnement et développement, Éditions CNRS, Paris, France, 2008.
- [42] Neddaf, Yacine & Lyazidi, Aghiles : Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique des nappes aquifères du complexe terminal : région de Hassi Messaoud (Sahara algérien), Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie, 2021.
- [43] Bouselsal, Boualem & Beddine, Alla : Qualité des eaux des aquifères de Hassi Messaoud, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah d'Ouargla, Algérie, 2016
- [44] Cornet A. (1964). Introduction à l'étude géomorphologique du Sahara algérien, CNRS, Paris.
- [45] Dubief J. (1963). Le climat du Sahara, Institut de Recherches Sahariennes.
- Sonatrach (2023). Rapport annuel du Groupe Sonatrach.
- [46] Ozenda P. (2004). Flore du Sahara, CNRS Éditions.
- [47] PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), Rapport sur les zones arides, 2021.
- [48] Sonatrach. Présentation institutionnelle du Groupe Sonatrach, 2023.
- ISO/IEC 17025:2017. Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais.
- [49] Manuel technique du laboratoire DFSP, Sonatrach.
- ISO 9001:2015 ; ISO 14001:2015 ; ISO 45001:2018.
- [50] Sonatrach. Guide de présentation de Hassi Messaoud, 2023. Documentation technique DFSP. Rapport d'activités DFSP, Sonatrach.
- [51] Veil J.A., Puder M.G., Elcock D., Redweik R.J. (2004). A White Paper Describing Produced Water from Production of Crude Oil, Natural Gas and Coal Bed Methane, Argonne National Laboratory.
- [52] Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Drilling Rig Components: Illustrated Glossary. U.S. Department of Labor, Washington, 2006, p.

Références

- [82] Drilling Manual. Shale Shakers in Oilfield Guide. 2022,
- [83] Bourgoyne, A. T., Millheim, K. K., Chenevert, M. E., & Young, F. S. (1986). Applied Drilling Engineering. Society of Petroleum Engineers (SPE),
- [84] Veil, J. A., Puder, M. G., Elcock, D., & Redweik, R. J. (2004). A White Paper Describing Produced Water from Production of Crude Oil, Natural Gas, and Coal Bed Methane. Argonne National Laboratory,
- [85] International Association of Oil & Gas Producers (IOGP). (2020). Waste Management Guidelines for the Oil and Gas Industry,



Annexes

Annexes

Annexes :

 Waste Management Daily Report Drying Process and Water Recycling and Reuse Contract N° 18/SH-E&P-FOR-OPR/22																		
Operator	SONATRACH			Well Name	MD-833		Hole size (in)	12,25		Bit Data		Date						
Report for	A.FOUROU			Rig Name	GW#118		Previ. Mid Depth (m)	2409		Size	12,25		20/11/2025					
Contractor	GWDC			Description	DEV-VER		Midnight depth (m)	2682		Type	TK66		Rpt No	23				
Location	Hassi Messaoud			Formation	LIAS D1 Top @ 2520m		Daily footage (m)	273		S.N	F321265		Mud Type					
Spud date	29/10/2025			Lithology	60% Dolomite + 30% A		Drilled volume (m3)	20,485		ROP	11,74		OBM					
Shale Shaker Data					Mud Cleaner Data					Casing Data								
	Type	Screen	Hrs	Type	#cone	screen	Hrs					Mud Wt.						
#1	Derrick	3" API 70	24	Derrick	20	3" API 200				18 5/8	480	% Oil	2,03					
#2	Derrick	3" API 50	24	Derrick						13 3/8	2390	% Water	4					
#3	Derrick	3" API 50	24									% Solids	40					
#4												Mud LGS	9,5					
Low Speed Centrifuge				High Speed Centrifuge				Dryer Data				Centrifuge Data						
Type	Z4D4-451			Type	Z4D4-451			Model	V133			Type	HH-1456					
Serial Number	0			Serial Number	0			Serial Number	07-158			Serial Number	0					
Bowl speed	1800			Bowl speed	2500			Feed system	Auger			Bowl speed	2500					
Feed rate (m3/h)	5			Feed rate (m3/h)	4			Screen size (in)	0,02			Feed rate (m3/h)	5					
Feed weight (SG)	2,06			Feed weight (SG)	2,04			RPM	750			Feed weight (SG)	2,08					
Mud Weight out	2,04			Mud Weight out	2,01			Daily mud recovered (m³)	5			Mud weight (SG)	1,80					
Discharge Weight	3,90			Discharge Weight	3,80			Recovered mud weight (SG)	2,08			Oil water ratio (O/W)	72/28					
Daily hours run	20			Daily hours run	20			Daily hours run	24			Daily hours run	24					
Cumulative hours run	111			Cumulative hours run	111			Cumulative hours run	124			Cumulative hours run	124					
Water Recycling Data								Flowmeter Reading				Water Truck						
	Daily	36	26	16	12 1/4			Total		Previous	Actual	Daily	Cumul					
Total water used (m³)	32	665	997	502	66			2230	Well Line	32933	32965							
Water used from rig tanks (m³)	6	636	775	176	13			1600	Rig Tank	14220	14226	Backhoe Fuel consumption						
Water used for camp (m³)	26	29	222	326	53			630	Skimmer	73450	73455							
Retrieved water (m³)	6	6	52	59	12			129				Daily	Cumul					
Re-used water (m³)	5	5	39	46	10			100				80	400					
Water used (cement+mixing+brine) m³	0	630	723	110	0			1463										
Generated Cuttings				Oil On Cuttings Calculations				Shakers Solids		Dryer Solids Measurement								
	Daily	Cumul							1st @7h	2nd @12h	3rd @20h	4rd @23h						
Centrifuges Cuttings (m3)	18,1	36,0		Retort Weight (Empty) 50ml (g)	A	584,0	584,0	584,0	584,0	584,0	584,0							
Dryer Cuttings (m3)	19,6	242,5		Retort Weight + Sample (g)	B	667,0	637,0	637,0	637,0	637,4	637,0							
Barite Recovered (m3)	0,0	0,0		Retort Weight + Dried Cuttings (g)	E	650,0	633,0	634,4	632,0	633,2	633,2							
Barite Ejected (m3)	0,0	0,0		Gradient Cylinder Weight (Empty) (g)	C	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0							
Surface mud Losese	Daily	Cumul		Gradient Cylinder Weight + Condensate (g)	D	79,5	63,8	64,0	64,1	64,0	64,0							
	WBM	OBM		Volume of Water (cc)	V	4,0	2,0	2,0	2,2	2,0	2,0							
Down Hole	0	0	0	Mass of Condensate (g)		19,50	3,80	4,00	4,10	4,00	4,00							
Burned + CENTIFUGE	6	0	29	Mass of Oil (g)		15,50	1,80	2,00	1,90	2,00	2,00							
Tripping+dumped	0	714	119	Mass of Wet Cuttings Sample (g)	MW	83,00	53,00	53,00	53,40	53,00	53,00							
Surface Losses+COATING	21	221	173	Mass of Dry Cuttings (g)	MD	66,00	49,00	50,40	48,00	49,20	49,20							
Settling/shaker	0	87	17	% Oil On Cuttings/Dry weight (%)	%BF	23,48	3,67	3,97	3,96	4,07	4,07							
Mud Cleaner +Left in hole	1	61	19	% Oil On Cuttings/wet weight (%)		18,67	3,40	3,77	3,56	3,77	3,77							
TOTAL	28	1083	357	Accuracy Test		1,03	1,00	1,03	0,98	1,00	1,00							
Mud Recovered		Mud		Oil		Mud Saved Cost		HOC Card Records		Down Time Records								
	Daily	Cumul	Daily	Cumul	Daily	Cumul						Daily	Cumul					
16 sec.		64		38,4					Daily	Cumul								
12 1/4 sec.	5	5	3	3		0	0	1	45									
TOTAL	5	69	3	41,4		0	0											
Rig Activities Comments										Daily Costs for Personnel, Equipment & Goods				Daily Cost		€	m	¢
DRILLING 12"1/4 HOLE SECTION FROM 2409m TO 2682m																0	0	0
REPAIR ON MUD PUMP																1		
																1		

Annexes

				Chargeur avec deux (02) Chauffeurs	22 400,00	1		
				Cabine Laboratoire WM	1 757,08	1		
				Dryer Package Mob/deMob	0,00			
				Water Recycling Package Mob/deMob	0,00			
WM Activites Comments				Chargeur Mob/deMob	0,00			
NO INCIDENT NO ACCIDENT. Drying process package is in OP mode. water recycling process package is in OP mode.				Fourniture & Pose Liner	0,00			
				Well cum. cost of previous contract				
				Operateurs Equipements WM Jour	16 299,10	1		
				Operateurs Equipements WM Nuit	14 820,30	1		
				Helper Jour/Nuit	21 848,08	2		
				T. Daily Cost DA	119 375,64		Cumul. Cost DA	3 388 202,36
RIG CREW								
Operateurs Equipements (WM)			Helper			Chauffeurs du Chargeur		
Jour	FERDI SIDIMOUHAMED		Jour	KADER SIRADJ EDDINE		Jour	BOUADA KHEMISSI	
Nuit	BABA ARBI ADNANE		Nuit	MEZAOUR KOCEILA		Nuit	YOUCFI YUCEFE	



~ 56 ~

Annexes

Maintenance Comments:			
Client's Representative:		Site Supervisor:	







