



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



**Université Kasdi Merbah Ouargla**  
**Institut des Sciences et des Techniques Appliquées**  
**Département : Génie appliqué**

## **Mémoire de licence**

**Pour l'obtention d'une licence professionnelle**

**Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle**

**Spécialité : Hygiène, Sécurité et Environnement**

## **Thème**

**Les boues de forage à base d'huile, l'impact  
sur la sante et sur l'environnement  
et technique de traitement**

Réalisé par :

**Abdelhamid Braik**

**Abdelbaset Saidi**

### **Composition du jury :**

Président: Mme. Abdelberi Radia

Rapporteur : Mr. Abdelbari Abes

Examineur: Mme. Kibdi Soumia

**Année universitaire : 2016/2017**

# *Dédicaces*

*« Louange au Bon Dieu, le seul, l'unique et le tout puissant »*

*A ma très chère mère*

*A mon très cher père*

*A mes oncles*

*A mes frères*

*A mes sœurs*

*Mes deux grands pères et ma grand mère*

*Toute la famille BRAIK et TOURCHI*

*A mes proches grands et petits*

*Tous mes amis*

*A tous ceux qui ont participes de près ou de loin*

*dans la travail*

***BRAIK Abdelhamid***

# *Dédicaces*

*« Louange au Bon Dieu, le seul, l'unique et le tout puissant »*

*A ma très chère mère*

*A mon très cher père*

*A mes oncles*

*A mes frères*

*A mes sœurs*

*Mes deux grands pères et ma grand mère*

*Toute la famille SAIDI et YAHIA CHERIF*

*A mes proches grands et petits*

*Tous mes amis*

*A tous ceux qui ont participés de près ou de loin  
dans la travail*

***SAIDI abdelbaset***

# Remerciement

*A Dieu tout le merci.*

*Ce mémoire, ne pourrait exister sans l'aide et l'engagement d'un certain nombre de personnes qui ont décidé de nous accompagner résolument dans notre parcours.*

*Tout d'abord, nous exprimons notre reconnaissance à Monsieur ABDELBARI ABBES et Monsieur ILYAS pour avoir conseillé et pour la confiance qu'il nous a témoignée en nous accueillant au sein de son chantier pendant ces deux semaines de travail.*

*Nous tenons aussi à remercier les membres du jury Mr. ABDEBARI ABBES à l'université d'Ouargla et Mme. ABDELBARI RADIA et Mme. KIBDI SOUMIA à l'université d'Ouargla pour nous avoir fait l'insigne honneur d'accepter d'examiner notre travail. Enfin, par crainte d'avoir oublié quelqu'un, que tous ceux et toutes celles dont nous sommes redevables se voient vivement remerciés.*

# SOMMAIRE

**Dédicaces**

**Remerciements**

**Résumé**

**Liste des figures**

**Liste des photos**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

**INTRODUCTION**..... 1

## **CHAPITRE 01 : NOTIONS GENERALES SUR LE FORAGE, ET LES FLUIDES DE FORAGE**

I - Définitions simples et objectives de certains mots et formules fréquemment utilisés dans le domaine de la science du danger .....	2
II . Stratégie de l'Etat algérienne et SONATRACH dans le domaine environnemental .....	5
III. Généralité sur le forage et les fluides de forage .....	6
III.1. Définition de forage pétrolier.....	6
III.2. Historique du forage .....	6
III.3. Principe de forage rotary.....	6
III.4. Définition de fluide du forage.....	7
III.5. Rôle et inconvénients du fluide de forage .....	8
III.5.1. Nettoyage du puits.....	9
III.5.2. Maintien des déblais en suspension .....	9
III.5.3. Sédimentation des déblais fins en surface.....	9
III.5.4. Refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde.....	9
III.5.5. Prévention du cavage et des resserrements des parois du puits .....	9
III.5.6 . Dépôt d'un cake imperméable .....	10

III.5.7. Prévention des venues d'eau, de gaz, ou d'huile.....	10
III.5.8. Augmentation de la vitesse d'avancement.....	10
III.5.9. Entraînement d'outils (turbine, MWD, etc.).....	10
III.5.10. Diminution du poids apparent du matériel de sondage .....	10
III.5.11 . Apport de renseignements sur le sondage .....	11
III.5.12. Contamination des formations productrices.....	11
III.5.13. Corrosion et usure du matériel .....	11
III.5.14 . Toxicité et sécurité .....	11
III.6. Types des fluides de forage .....	11
III.6.1. Boues à base d'eau.....	12
III.6.2. Boues à base d'huile .....	12
III.7. Composition des boues .....	12
III.7.1. Composants indésirables .....	14
 <b>CHAPITRE 02 : INFLUENCES DE BOURBIERS SUR LA SANTE ST SUR</b> <b>L'ENVIRONNEMENT ET TECHNIQUE DE TRAITEMENT</b> 	
I . Présentation de l'entreprise.....	16
I.1 .Historique .....	16
I.2 . Activité de l'ENTP .....	16
I.3 . Organisation Générale de l'entreprise ENTP .....	16
II. Notion générale sur les bourbiers de forage : .....	18
II .1. Définition des bourbiers .....	18
II.2. les ressources des bourbiers .....	19
II.2.1. l'activité de forage.....	19
II.2.2. Opération de production sur puits .....	20
II.2.3. Traitement des hydrocarbures : .....	20
III. Management environnemental des boues de forage.....	21
III .2. Influences des bourbiers sur l'environnement .....	22

III.3. Pollution par les hydrocarbures et effets sur la santé .....	24
III.4. Phénomènes de pollution.....	25
III .5. Proposition de projet de forage sans bourbiers (0% décharge) .....	26
IV. Méthode et moyenne utilisé .....	27
IV.1. Introduction .....	27
IV. 2. Méthodologie de travail.....	27
IV.3. Les travaux in situ.....	27
IV.4. Les équipements du traitement de la boue de forage : .....	29
IV.5. principes de traitement des rejets (bourbiers).....	34
IV.5.1. procédé ON-LINE (traitement mécanique durant le forage) 5% OOC. ....	34
<b>CONCLUSION ET RECOMMANDATIOS .....</b>	<b>39</b>

### **BIBLIOGRAPHIE**

### **ANNEXE**

***LISTE DES FIGURE***

**Figure (1.1) : *Cycle* Du Fluide Sur Le Site De Forage.....8**

**Figure (2.1) : l'organigramme de l'entreprise ENTP.....17**

**Figure (2.2) : Action Des Polluants Dans Le Sol.....22**

**Figure (2.3): Séparateur Vertical.....31**

**Figure (2.4): L'hydro Cyclone.....32**

**Figure (2.5) : Traitement Mécanique De La Boue.....34**

**Figure (2.6): Principe De Fonctionnement De Verti-G.....36**

**Figure (2.7): borbier conventionnel (volume =3800m<sup>3</sup>, liner de mauvaise qualité).....36**

**Figure (2.8): borbier wet pit (volume = 900m<sup>3</sup>, liner de bonne qualité (certifié).....37**

**Figure (2.9) :L'installation De Fonctionnement De Vortex (Verti-G).....37**

*Liste des photos*

**Photo (2.1) :** Bourbiers étanche avant le forage.....18

**Photo (2.2) :** Bourbiers après une opération de forage.....19

**Photo (2.3) :** Site de stockage des boues de forage.....21

**Photo (2.4):** des chameaux morts à cause des eaux toxiques.....26

**Photo (2.5) :** Le Tamis Vibrant.....29

**Photo (2.6) :** Bac D'décantation.....30

**Photo (2.7):** Dégazeur.....32

**Photo (2.8):** Mud Cleane.....33

**Photo (2.9) :** Centrifugeuse Horizontale.....33

***LISTE DES TABLEAUX***

**Tableau (2.1) :** Caractéristiques Des Boues Bentonitique Utilisées.....28

**Tableau (2.2) :** Caractéristiques Des Boues A Base D’huile Utilisées.....28

**Tableau (2.3) :** Caractéristiques De Boue A Base Salée Utilisée.....28

**Tableau (2.4) :** Caractéristiques De Boue A Base Salée Utilisée.....29

**Tableau (2.5):** Consigne Le Volume Des Rejets Pour Chaque Phase.....29

**Tableau (2.6) :** Chaine De Traitement Mécanique.....35

**LISTE DES ABBREVIATIONS**

**ENTP** : (Entreprise Nationale des Travaux aux Puits)

**HMD** : (HASSI MESSAOUD)

**WBM** : (boues à Base d'eau)

**OBM** : (boues à base huileuse)

**ALAP** :(as low as possible)

**OOC** : (oil on cuttings)

**HAP** : (Hydrocarbure aromatique polycyclique)

**E&P** :( Exploration et production)

### Résumé :

Le forage est le seul moyen d'extraire le pétrole du sol, et le travail sur cette méthode nécessite des moyens et des équipements parmi eux la boue de forage, qui joue un rôle clé dans le forage qui entraîne aux déchets ayant des effets négatifs sur l'environnement et sur la sante , à partir de notre étude nous avons travaillé à la connaissance de la modification des caractéristiques de la boue de forage pendant le forage, et l'efficacité du traitement (mécanique) pour l'élimination définitive des déchets selon le programme de l'État algérien qui réduit les risques des substances toxiques contenues dans les déchets du forage.

**Mots clés:** le forage pétrolier, la boue de forage, traitement, déchets de forage, influence environnementale.

### تلخيص :

الحفر هو الوسيلة الوحيدة لاستخراج البترول من الأرض ، و العمل علي هذه الطريقة يتطلب وسائل و معدات أبرزها طين الحفر الذي يلعب دور أساسي في الحفر و ينتج عنها نفايات تؤثر سلبا علي البيئة و صحة الإنسان و من خلال دراستنا تطرقنا إلي معرفة طين الحفر و تغير خصائصه أثناء الحفر ، و تعرفنا أيضا علي فعالية المعالجة (الميكانيكية ) و هذا للتخلص النهائي من النفايات حسب البرنامج المسطر من الدولة الجزائرية لحد خطر المواد السامة التي تحتويها مخلفات الحفر

الكلمات المفتاحية : الحفر البترولي ، طين الحفر ، المعالجة ، مخلفات الحفر ، تأثيرها علي البيئة

# INTRODUCTION

Le développement de l'industrie pétrolière a engendré beaucoup de problèmes environnementaux qui contribuent ainsi à la dégradation de quelques écosystèmes naturels, à savoir les nappes des eaux souterraines. Les lois de l'environnement exigent des traitements adéquats de ces déchets industriels afin d'éviter une éventuelle dégradation.

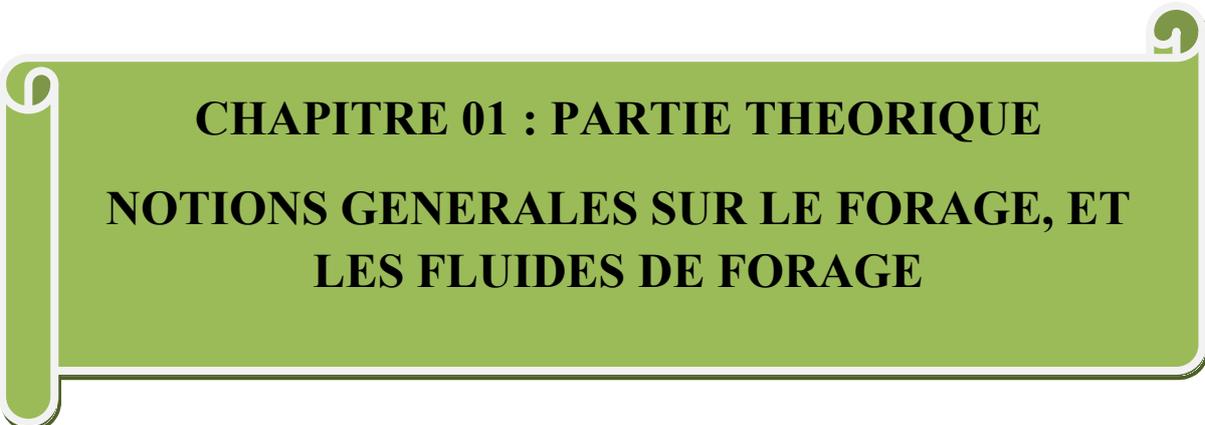
L'industrie pétrolière de la région de Hassi Messaoud est très développée ce qui produit des déchets industriels avec des éléments néfastes. Durant les opérations de forage et d'exploitation des unités de production et de raffinage, une quantité importante de rejets industriels solides et liquides sont générés. Ces rejets renferment des produits toxiques tels que les métaux lourds et les polluants organiques, ces derniers provoquent des problèmes qui menacent l'homme, les animaux et les plantes.

Depuis 1990 l'état algérien et Sonatrach soulignent une stratégie pour la protection de l'environnement à partir des législations nationales et dépensent de grands budgets pour ce but mais jusqu'à maintenant il y a une certaine quantité de rejets liquides qui sont pénétrés dans la nappe phréatique ; donc les techniques de traitement de ces rejets ne sont pas exploitées correctement.

On a réfléchi de réaliser un sujet afin qu'on puisse trouver des solutions qui peuvent réduire ou arrêter l'influence de ces éléments toxiques. Ce sujet est organisé en deux chapitres, dans le premier chapitre nous présentons un catalogue théorique concernant le forage pétrolier, les fluides de forage

Dans le deuxième chapitre nous présentons un catalogue pratique concernant la présentation de l'entreprise ENTP, l'impact de fluide de forage sur la santé et sur l'environnement, et la technique de traitement (traitement mécanique)





**CHAPITRE 01 : PARTIE THEORIQUE**  
**NOTIONS GENERALES SUR LE FORAGE, ET**  
**LES FLUIDES DE FORAGE**

**I - Définitions simples et objectives de certains mots et formules fréquemment utilisés dans le domaine de la science du danger :**

- **HSE** : H(healthy), S (sécurité), E (environnement) : Santé, Sécurité, Environnement
- **Danger** : Situation susceptible d'engendrer des événements indésirables.
- **Risque** : Mesure du niveau de danger, fonction de la probabilité d'occurrence de l'évènement indésirable et des conséquences (gravité) de cet évènement
- **Sécurité** : - Absence de circonstances susceptibles de conduire à des dégâts humains ou matériels.  
- Ensemble des actions destinées à assurer la protection des personnes et des biens contre les dangers, nuisances ou gênes susceptibles d'être provoquées par les installations ou lors du transport de matières dangereuses (UE).
- **Sûreté** : L'ensemble des mesures à prendre dans les installations ou lors du transport de matières dangereuse en vue d'éviter les accidents et de minimiser leurs effets (UE)
- **Aléa** : probabilité qu'un phénomène accidentel se produisant sur un site industriel crée en un point donné du territoire des effets d'une intensité donnée, au cours d'une période déterminée Réduire le risque à la source, c'est réduire l'aléa
- **Enjeu** : ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par phénomène accidentel
- **Vulnérabilité** : exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux
- **Risque industriel majeur** : conséquence d'un aléa d'origine technologique, dont les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionnent des dégâts importants et dépassent les capacités de réaction des instances directement concernées.
- **Accident du travail** : tout accident ayant entraîné une lésion corporelle, imputable à une cause soudaine, extérieure, et survenu dans le cadre de la relation de travail.
- **Taux de fréquence** : représente le nombre d'accidents avec arrêt de travail par un million d'heures de travail.

- **Taux de gravité** : représente le nombre de journées perdues par 1000 heures de travail.
- **Analyse des risques** : Emploi systématique des informations disponibles pour déterminer les dangers et évaluer les risques. C' est l'objet des méthodes qui cherchent à établir une prévision sur la probabilité de survenance d un événement potentiellement dommageable. En ce sens l analyse des risques poursuit l analyse du travail.
- **Etude de faisabilité** : Etude destinée à établir la faisabilité d une tâche ou d une production en termes de technologie, de coût et de temps.
- **Impact environnemental** : Toute modification de l environnement, négative ou bénéfique, résultant totalement ou partiellement des activités, produits ou services de l entreprise. La relation entre l aspect environnemental et l impact environnemental est une relation de cause à effet.

## **II. Stratégie de l'Etat algérienne et SONATRACH dans le domaine environnemental :**

- ✓ Décret exécutif n° 08-312 du 5 Chaoual 1429 correspondant au 5 octobre 2008 fixant les conditions d'approbation des études d'impact sur l'environnement pour les activités relevant du domaine des hydrocarbures
- ✓ Décret exécutif n° 07-145 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement.
- ✓ Décret exécutif n°06-198 du 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement étude de danger ; articles 12-13-14-15
- ✓ Décret exécutif n°06-198 du 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement. /audit environnemental articles : 44-47-48
- ✓ Décret exécutif n° 05-240 du 28 juin 2005 fixant les modalités de désignation des délégués pour l'environnement
- ✓ Loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable
- ✓ Décret exécutif n°98-147 du 13 mai 1998 fixant les modalités de fonctionnement du compte d'affectation spéciale n° 302-065 intitulé Fond nationales pour l'environnement
- ✓ Décret exécutif n° 07-207 du 15 JoumadaEthanial 1428 correspondant au 30 juin 2007 réglementant l'usage des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, de leurs mélanges et des produits qui en contiennent ;
- ✓ Décret exécutif n°06-02 du 7 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 7 janvier 2006 définissant les valeurs-limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique ;
- ✓ Décret exécutif n° 03-410 du 10 Ramadhan 1424 correspondant au 5 novembre 2003 fixant les seuils limites des émissions des fumées, des gaz toxiques et des bruits par les véhicules automobiles ;
- ✓ Décret exécutif n°06-104 du 28 février 2006 fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux ;
- ✓ Loi n° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.[1]

### **III. Généralité sur le forage et les fluides de forage**

Les bourbiers sont le produit des activités industrielles et pétrolières, pour comprendre ces processus qui sont très compliqués et diversifiés, il faut introduire notre étude pour donner un aperçu général sur les forages pétroliers et les différentes phases de réalisation de ces projet, ainsi que les fluides de forage et les produits utilisés dans ces ouvrages.

#### **III.1. Définition de forage pétrolier**

On appelle "forage pétrolier" l'ensemble des opérations permettant d'atteindre les roches poreuses et perméables du sous-sol, susceptibles de contenir des hydrocarbures liquides ou gazeux.

L'implantation d'un forage pétrolier est décidée à la suite des études géologiques et géophysiques effectuées sur un bassin sédimentaire. Ceci nous permet de nous faire une idée de la constitution de sous-sol et des possibilités de gisements, sans pour autant préciser la présence d'hydrocarbures. L'opération de forage peut alors confirmer les hypothèses faites et mettre en évidence la nature des fluides contenus dans les roches. [2]

#### **III.2. Historique du forage**

En aout 1859, le colonel DARKE fora son premier puits de pétrole, à vingt trois mètres de profondeur près de Titusville en Pennsylvanie (U.S.A), il employa le système de forage par battage au câble qui utilise, pour attaquer le terrain, l'impact d'un lourd trépan suspendu au bout d'un câble qui lui transmet, depuis la surface, un mouvement alternatif créé par un balancier. Lorsque les foreurs avaient affaire à d'autres régions ou ils découvrirent des terrains plus difficiles, le procédé de forage rotary a été utilisé les premiers essais de cette technique semblent avoir été faits sur le champ de Corsicana (Texas), en 1901 J.F.LUCAS, a fora au moyen d'un appareil de forage rotary le premier puits dans le champ de Spindletop près de Beaumont (Texas).

#### **III.3. Principe de forage rotary**

Cette méthode consiste à utiliser des outils à molettes dentées ou à picots de carbure de tungstène ou des outils diamantés (diamants naturels ou synthétiques : PDC et TSP) sur lesquels on appuie et que l'on fait tourner. L'action combinée du poids sur le trépan et de sa rotation permet, soit aux dents des outils à molettes d'écailler la roche, soit aux trépan

diamantés de strier, de raboter et de détruire celle-ci. La rotation de l'outil ou trépan, atteint une vitesse maximale de l'ordre de 200tr/min, est obtenue en faisant tourner l'ensemble des tiges de forage qui relient le trépan à la surface. Grâce à la tige supérieure de section carrée ou hexagonale dit tige d'entraînement ou Kelly qui s'engage dans un logement de même forme, solidaire d'une table de rotation, entraînée par un moteur, il est possible de faire tourner l'ensemble des tiges et du trépan. Le poids sur le trépan est obtenu par 100 à 200m de tubes très épais appelés masses- tiges pesant 100à300 Kg/m et placés juste au-dessus du trépan ; ces masses-tiges, ayant un diamètre voisin de celui du trépan, tendent à maintenir la verticalité du trou. Pour éliminer les débris de roches détachés du fond par le trépan, on emploie la technique de la circulation de fluides. [3]

### **III.4. Définition de fluide du forage**

Le fluide de forage, appelé aussi boue de forage, est un système composé de différents Constituants liquides (eau, huile) et/ou gazeux (air ou gaz naturel) contenant en suspension d'autres additifs minéraux et organiques (argiles, polymères, tensioactifs, déblais, ciments, g). Le fluide de forage était déjà présenté en 1933 lors du premier Congrès Mondial du Pétrole, où il a fait l'objet de cinq communications (Darley et Gray, 1988). Le premier traité sur les fluides de forage a été publié en 1936 par Evans et Red . En 1979, l'American Petroleum Institute (API) définit le fluide de forage comme un fluide en circulation continue durant toute la durée du forage, aussi bien dans le sondage qu'en surface. Le fluide est préparé dans des bacs à boues, il est injecté à l'intérieur des tiges jusqu'à l'outil d'où il remonte dans l'annulaire, chargé des déblais formés au front de taille (Figure 1.1). A la sortie du puits, il subit différents traitements, tamisage, dilution, ajout de produits, de façon à éliminer les déblais transportés et à réajuster ses caractéristiques physico-chimiques à leurs valeurs initiales. Il est ensuite réutilisé (Landriot, 1968). [4]

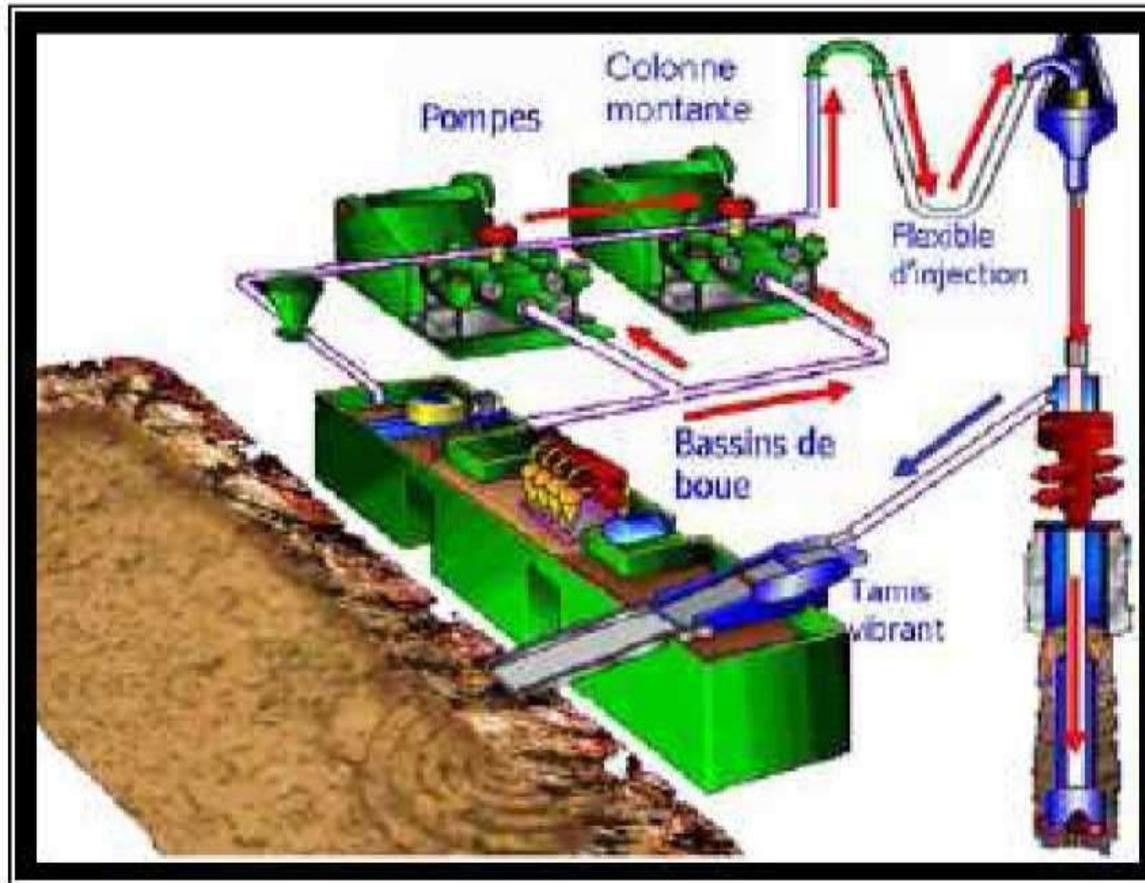


Figure (1.1) : Cycle du fluide sur le site de forage

### III.5. Rôle et inconvénients du fluide de forage

Les boues de forage doivent avoir des propriétés leur permettant d'optimiser les fonctions suivantes :

- Nettoyage du puits,
- Maintien des déblais en suspension,
- Sédimentation des déblais fins en surface,
- Prévention du cavage et des resserrements des parois du puits,
- Dépôt d'un cake imperméable,
- Prévention des venues d'eau, de gaz, ou d'huile,
- Entraînement de l'outil,
- Apport de renseignements sur le sondage,+
- Augmentation de la vitesse d'avancement,
- Refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde,

- Contamination des formations productrices,
- Corrosion et usure du matériel,
- Toxicité et sécurité,
- Diminution du poids apparent du matériel de sondage.

### **III.5.1. Nettoyage du puits**

La boue doit débarrasser le puits des particules de formation forées qui se présentent sous forme de débris de roche appelés « cuttings » ou « déblais ».

### **III.5.2. Maintien des déblais en suspension**

Le fluide de forage doit non seulement débarrasser le puits des déblais de forage durant les périodes de circulation, mais il doit également les maintenir en suspension pendant les arrêts de circulation. [5]

### **III.5.3. Sédimentation des déblais fins en surface**

Alors que la boue doit permettre le maintien en suspension des déblais dans le puits durant les arrêts de circulation, ce même fluide doit tasser sédimenter les déblais fins en surface, afin de les éliminer. Bien qu'apparemment ces deux aptitudes semblent contradictoires, elles ne sont pas incompatibles. [6]

### **III.5.4. Refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde**

Du fait de son passage en surface, la boue en circulation se trouve à une température inférieure à celle des formations ce qui lui permet de réduire efficacement réchauffement de la garniture de forage et de l'outil. Cet échauffement est dû à la transformation d'une partie de l'énergie mécanique en énergie calorifique. [5]

### **III.5.5. Prévention du cavage et des resserrements des parois du puits**

La boue doit posséder des caractéristiques physiques et chimiques telles, que le trou conserve un diamètre voisin du diamètre nominal de l'outil.

Le cavage est causé par des éboulements, par la dissolution du sel, par la dispersion des argiles, par une érosion due à la circulation de la boue au droit des formations fragiles, etc.

Les resserrements ont souvent pour cause une insuffisance de la pression hydrostatique de la colonne de boue qui ne peut équilibrer la pression des roches. [6]

### **III.5.6 . Dépôt d'un cake imperméable**

La filtration dans les formations perméables d'une partie de la phase liquide de la boue crée un film sur les parois du sondage, ce film est appelé cake. Le dépôt du cake permet de consolider et de réduire la perméabilité des parois du puits. [6]

### **III.5.7. Prévention des venues d'eau, de gaz, ou d'huile**

Afin d'éviter le débit dans le puits des fluides contenus dans les réservoirs rencontrés en cours de forage, le boue doit exercer une pression hydrostatique suffisante pour équilibrer les pressions de gisement.

La pression hydrostatique souhaitée est maintenue en ajustant la densité entre des valeurs maximum et minimum.

### **III.5.8. Augmentation de la vitesse d'avancement**

Au même titre que le poids sur l'outil, la vitesse de rotation et le débit du fluide, le choix du type et des caractéristiques de la boue conditionnent les vitesses d'avancement instantanées, la durée de vie des outils, les temps de manœuvre, en un mot, les performances du forage.

Un filtrat élevé augmente la vitesse d'avancement. Les très faibles viscosités sont aussi un facteur favorable à la pénétration des outils.

### **III.5.9. Entraînement d'outils (turbine, MWD, etc.)**

Dans le cas du turboforage la boue entraîne la turbine en rotation. Cette fonction, l'amenant à passer à travers une série d'événements et à mettre en mouvement des aubages, implique certaines caractéristiques et rend impossible ou très délicat l'utilisation de certains produits (colmatant).

### **III.5.10. Diminution du poids apparent du matériel de sondage**

Ben que ce soit beaucoup plus une conséquence qu'une fonction, la présence d'un fluide d'une certaine densité dans le puits permet de diminuer le poids apparent du

matériel de sondage, garniture de forage et tubages, ceci permet de réduire la puissance exigée au levage.

### **III.5.11 . Apport de renseignements sur le sondage**

La boue permet d'obtenir des renseignements permanents sur l'évolution des formations et fluides rencontrés. Ces renseignements sont obtenus :

- Par les déblais remontés avec la circulation du fluide,
- L'évolution des caractéristiques physiques et/ou chimiques de la boue,
- La détection de gaz ou autres fluides mélangés à la boue.

### **III.5.12. Contamination des formations productrices**

La présence d'un fluide au droit de formations poreuses et perméables peut exercer une pression hydrostatique supérieure à la pression de gisement. Cela peut nuire à la future mise en production de cette zone.

### **III.5.13. Corrosion et usure du matériel**

Le fluide peut accélérer l'usure du matériel de sondage, par une action mécanique, si elle contient des matériaux abrasifs.

3e peut aussi être corrosive par une action électrolytique (présence d'ions) due à un déséquilibre chimique.

### **III.5.14 . Toxicité et sécurité**

La boue de forage ne devra pas présenter de danger pour la santé du personnel . Et ne devra pas non plus créer de risques d'incendie, tout particulièrement dans le cas d'utilisation de boues à base d'huile. [5]

## **III.6. Types des fluides de forage**

Plusieurs classifications des types de boue peuvent être adoptées. Il est cependant habituel de présenter les boues en fonction de la phase continue. Nous allons donc rencontrer :

- > Fluide ou boue à base d'eau (Water Based Mud),
- > Fluide ou boue à base d'huile (Oil Based Mud).

### III.6.1. Boues à base d'eau

Les boues à base d'eau sont des boues dont la phase continue est l'eau, éventuellement chargée en NaCl. Elles sont généralement utilisées pour forer les sections supérieures d'un puits. Pendant le forage, les matériaux des formations traversés s'incorporent dans la boue et peuvent ainsi changer sa composition et ses propriétés.

Elles se présentent essentiellement comme suit :

- > Les boues douces dont la teneur en NaCl ne dépasse pas quelques g/l. Ces boues douces (bentonitiques) sont principalement constituées par une suspension colloïdale d'argiles, plus précisément de la bentonite sodique dans l'eau. La concentration en bentonite varie généralement de 30 à 70 kg/m selon le rendement de la bentonite et les caractéristiques de la boue désirées. Cependant, occasionnellement, des traitements supplémentaires pourront être faits avec des phosphates.
- > Les boues salées dont la teneur en NaCl peut être comprise entre quelques dizaines de g/l et la saturation. Ces boues sont utilisées pour la traversée des zones salifères pour éviter le cavage et elles sont constituées d'eau, de sel (généralement NaCl), de colloïdes minéraux (attapulгите ou sépiolite), de colloïdes organiques (amidon), d'un fluidifiant minéral ou organique (chaux, soude).

### III.6.2. Boues à base d'huile

La phase de ces fluides est une huile minérale (pétrole brut, gaz oil, etc.) et la phase dispersée (discontinue) est de l'eau, dont la proportion peut atteindre 50% ou plus en un volume.

Tout en gardant l'avantage d'une phase externe contenant plus de 50% d'eau sont appelés boue de forage à émulsion inverse et au-dessous on a des boues à huile.

### III.7. Composition des boues

En plus de l'eau et du gasoil utilisé comme phase continue ou émulsionnée, un très grand nombre de produits entrent dans la fabrication et le traitement des fluides de forage dont certains ont un rôle spécifique et d'autres ont des actions multiples.

Ces produits sont classés par familles.

**1. Colloïdes argileux**

- > Les bentonites
- > Les attapulgites

**2. Colloïdes organiques**

- > Amidons
- > CMC (Carboxy Méthyl Cellulose)

**3. Fluidifiants ou défloculants**

- > Les polyphosphates
- > Les tanins
- > Les lignosulfonates
- > Les bgnines chromées

**4. Les additifs minéraux**

- > Soude caustique(NaOH)
- > Carbonate de soude (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)
- > Le gypse (CaSO<sub>4</sub>)
- > Chaux éteinte (Ca (OH) <sub>2</sub>)
- > Bicarbonate de sodium (NaHCO<sub>3</sub>)

**5. Produits organiques spéciaux**

- > Les anti- ferments
- > Les anti-mousses
- > Les anti-coincements
- > Les anti-corrosions
- > Les anti-bourrants

**6. Alourdissant**

- > Barytine ou sulfate de baryum (BaSO<sub>4</sub>)
- > Le carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>)
- > La galène (PbS)
- > Hématite (Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub>)

**7. Les colmatant**

- > Colmatants organiques
- > Colmatants fibreux
- > Colmatants lamellares
- > Colmatants gonflants
- > Colmatants à prise (liants hydrauliques). [6]

**III.7.1. Composants indésirables**

Les composants indésirables les plus présents dans les fluides de forage sont les hydrocarbures, les métaux lourds, et les sels. Une brève description est donnée ci-dessous:

**a. Hydrocarbures**

Quand une formation traversée contient des hydrocarbures, le fluide de forage se trouve contaminé par l'huile de la formation. L'huile de certaines formations est un composant indésirable car il contamine les déblais.

**b. Métaux lourds**

Les métaux lourds peuvent se mélanger avec les fluides de forage selon deux cas :

- > Les formations forées contiennent l'arsenic, le baryum, le cadmium, le chrome, le plomb et le mercure.
- > Les additifs des fluides de forage contiennent du baryum qui vient des agents alourdissant de la baryte et du chrome qui vient des défloculants chrome-lignosulfonate. baryte minéral, utilisée pour le contrôle de la densité, peut avoir de grandes quantités naturelles de cadmium et de mercure.

**c. Sels**

- > La concentration des sels, comme le chlorure de sodium ou de potassium dans les fluides de forage peut aussi considérablement augmenter, spécialement quand les puits forés traversent des dômes de sel ou des formations ayant de l'eau très salée. [7]

**CHAPITRE 02 : PARTIE PRATIQUE**  
**INFLUENCES DE BOURBIERS SUR LA SANTE ST**  
**SUR L'ENVIRONNEMENT ET TECHNIQUE DE**  
**TRAITEMENT**

## **I . Présentation de l'entreprise**

### **I.1 .Historique**

L'Entreprise Nationale des Travaux aux Puits, connue sous le sigle ENTP, est issue de la restructuration de Sonatrach. Créée par le décret n° 81-171 du 1er août 1981. L'ENTP est devenue opérationnelle le premier janvier 1983. En Juin 1989 le statut juridique d'ENTP est transformé en société par actions. Puis au 30 mars 1998 ; ENTP fait partie du Groupe Services Hydrocarbures (GSH) Sonatrach. Ses actionnaires sont : Sonatrach : Holding SPP 51% Société de gestion des participations des travaux énergétiques, « TRAVEN » 49%. Suite à une démarche de progrès continu, en avril 2003: L'ENTP a obtenu la certification ISO 9001 : 2000 pour l'ensemble de ses activités. Au 01 janvier 2005 les actions détenues par la Société de gestion des participations TRAVEN dissoute, sont transférées vers la Société de Gestion des participations dénommée "INDJAB". Au 28 décembre 2005, il y a eu cession à titre gratuit des actions détenues par la SGP INDJAB (49%) en faveur du Holding Sonatrach "SPP SPA". ENTP devient 100% Sonatrach

### **I. 2 . Activité de l'ENTP**

L'entreprise nationale des travaux aux puits ENTP, est spécialisée dans le forage et le work-over des puits de pétrole et de gaz. Elle s'occupe, dans le cadre de la participation dans le programme national, du développement de l'exploration et de l'exploitation, du développement des gisements des hydrocarbures et des nappes d'eau ainsi que de l'entretien des puits producteurs.

### **I.3 . Organisation Générale de l'entreprise ENTP**

L'Entreprise nationale des travaux aux puits est structurée selon un organigramme et gérée par des textes législatifs et réglementaires. Le Président Directeur Général administre et gère les activités de l'entreprise avec le concours de Directeurs Généraux Adjoints, dans le cadre des attributions qui lui sont fixées par les textes législatifs et réglementaires en vigueur ainsi que les pouvoirs qui lui sont conférés par les statuts et les organes habilités de l'entreprise. Il est assisté dans sa mission par des assistants qu'il désigne lui-même pour

des plans de charges avérés et précis tels que le contrôle de gestion, l'audit interne, le HSE,... Le schéma suivant montre l'organigramme de l'Entreprise nationale des travaux aux puits

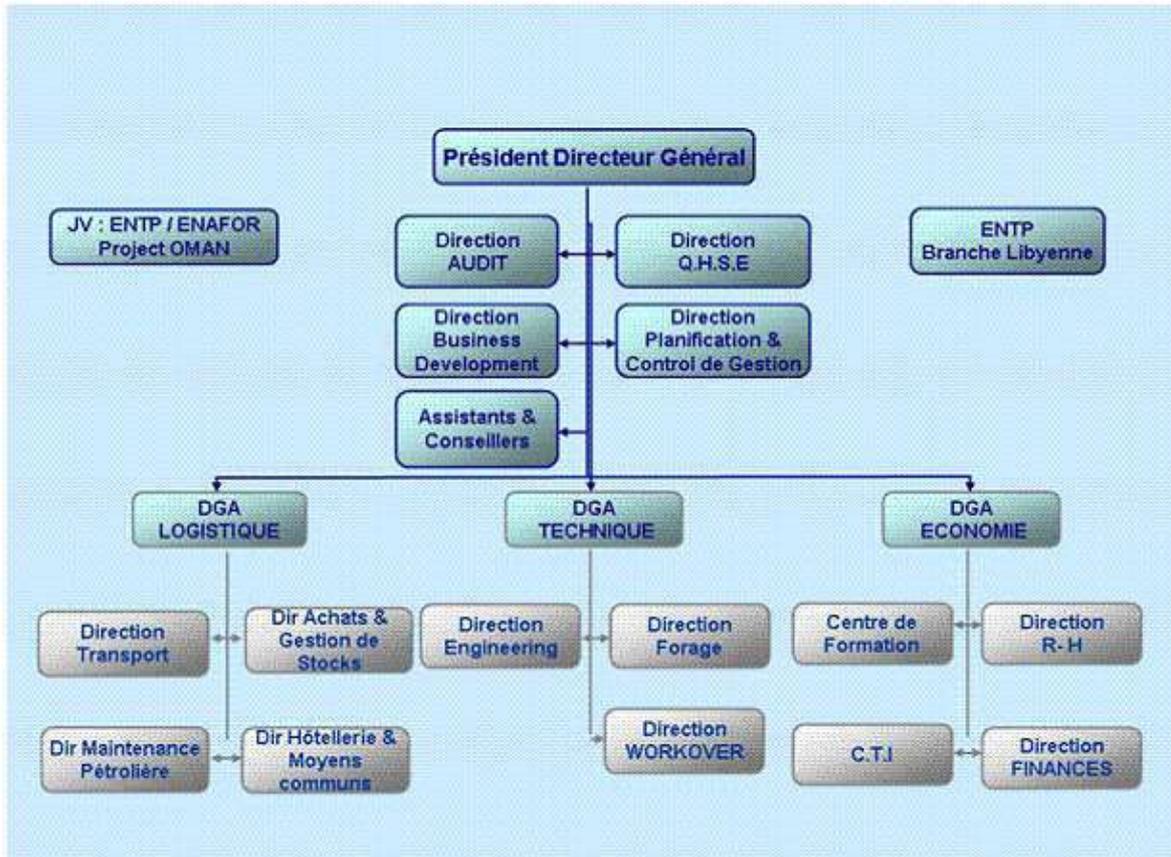


Figure (2.1):l'organigramme de l'entreprise ENTP

## II. Notion générale sur les bourbiers de forage :

### II .1. Définition des bourbiers

Dans le domaine de l'exploitation pétrolière, une panoplie des produits chimiques est employée dans la formulation des boues de forage. Ces composés de natures différentes et dont la toxicité et la biodégradabilité sont des paramètres mal définis, sont cependant déversés dans la nature. En plus des hydrocarbures (HC, tels que le gazole) constituant majeur des boues à base d'huile, on note les déversements accidentels du pétrole, ainsi que d'une variété d'autres produits et additifs spéciaux (tensioactifs, polymères, ..) qui peuvent exister sur les sites de forage. Ces rejets sont généralement stockés dans des endroits appelés '**bourbiers**'. [4]



**Photo (2.1) :** Bourbiers étanche avant le forage



**Photo (2.2) :** Bourbiers après une opération de forage

## **II.2. les ressources des bourbiers**

### **II.2.1. l'activité de forage**

Parmi les couches géologiques traversées par les fluides de forage, on Rencontre les différents aquifères qui risquent une contamination sérieuse par infiltration de ces fluides ; sont :

- 1- à partir de la surface par les rejets et liquides de forage (boue de forage, cutting , etc.....) déversés, dans la plupart des cas , directement sur le sol sans aucune protection, ainsi que les rejets solides et liquides domestiques , déversent dans des fosses non conformes et non protégées
- 2- en cour de forage, la contamination se traduit par le contact de deux fluides de caractéristiques rhéologique différentes ( mélange d'un fluide de formation traversée et la boue de forage en question ).
- 3- une mauvaise cimentation peut provoquer des pertes du laitier de ciment dans les formations et une venue de fluide de formation.
- 4- par infiltration des hydrocarbures en développement.
- 5- le stockage non conforme des produits chimiques utilisés pour les différents fluides peut provoquer une contamination des sols donc des aquifères de surface.

### II.2.2. Opération de production sur puits

Lors des opérations de production (extractions des hydrocarbures, et leur acheminement vers les centres de production), des risques majeurs de pollution et de contamination des aquifères (de surface et autres) peuvent survenir

- 1- lors des déversements d'hydrocarbures volontaires en surface (dégorgement des puits ou lors d'opérations de snubbing de work - over, etc ).
2. des fuites d'hydrocarbures dues aux détériorations et à la corrosion des tubages et casing
3. des résidus de pertes de fracturation, d'acidification, etc . Pendant les opérations spéciales
4. des rejets de produits de pertes issues de l'opération d'évaluation du réservoir
5. des rejets de produite utilisent pour l'entretien des puits et des installations de production.

Les hydrocarbures produits passant d'abord par des séparateurs (huile/gaz) et sont débarrassés des eaux résiduelles pour être acheminés vers des bacs de stockage

Les rejets génères proviennent des eaux de décantation, des slopes et également des fuites d'hydrocarbures dues aux défaillances des bacs.

Lors de l'acheminement des hydrocarbures par canalisations, des déversements et fuites peuvent survenir, ce qui induit forcément une pollution de sol et des aquifères de surface. De plus, l'empiétement de ces canalisations (pouvant atteindre un diamètre 40") peut gêner jusqu'à l'évolution naturelle du système écologique.

### II.2.3. Traitement des hydrocarbures :

Une activé qui consiste à transformer la matière première (pétrole brut, gaz) en plusieurs produits finis, en lui faisant subir un certain nombre de traitement physiques et chimiques cela induit des rejets qui peuvent entraîner une contamination des sols et des aquifères :

- rejets des produits de traitement.
- déversements et fuites d'hydrocarbures sur la surface.
- opération de torchage du gaz qui provoque une importante pollution atmosphérique et des nuisances sur la santé. [8]

### III. Management environnemental des boues de forage

#### III.1. Introduction

Les opérations de forage peuvent avoir de sérieux impacts sur l'environnement, si certaines mesures ne sont pas prises en compte ou ne sont pas appliquées. Ces impacts peuvent être réduits si une particulière attention est accordée quant au management des déchets produits à la fin de ces opérations.

Pour cela, l'industrie des hydrocarbures a su développer de nouveaux outils dans ses activités d'exploration et de production, par l'intégration de mesures entrant dans le cadre du développement durable et la sensibilisation aux problématiques environnementales courantes, ainsi que l'établissement de stratégies pour le management des boues de forage. En effet, deux points importants en rapport avec le non-traitement ou le rejet des boues de forage méritent d'être cités :

- Le premier point concerne la non-application, des réglementations en matière de traitement et de rejets d'effluents industriels.
- Le deuxième point concerne le rejet des boues dans des sites appelés bourbiers ou en mer, qui sera par conséquent, à l'origine de beaucoup d'impacts néfastes mettant en danger l'environnement.[9]

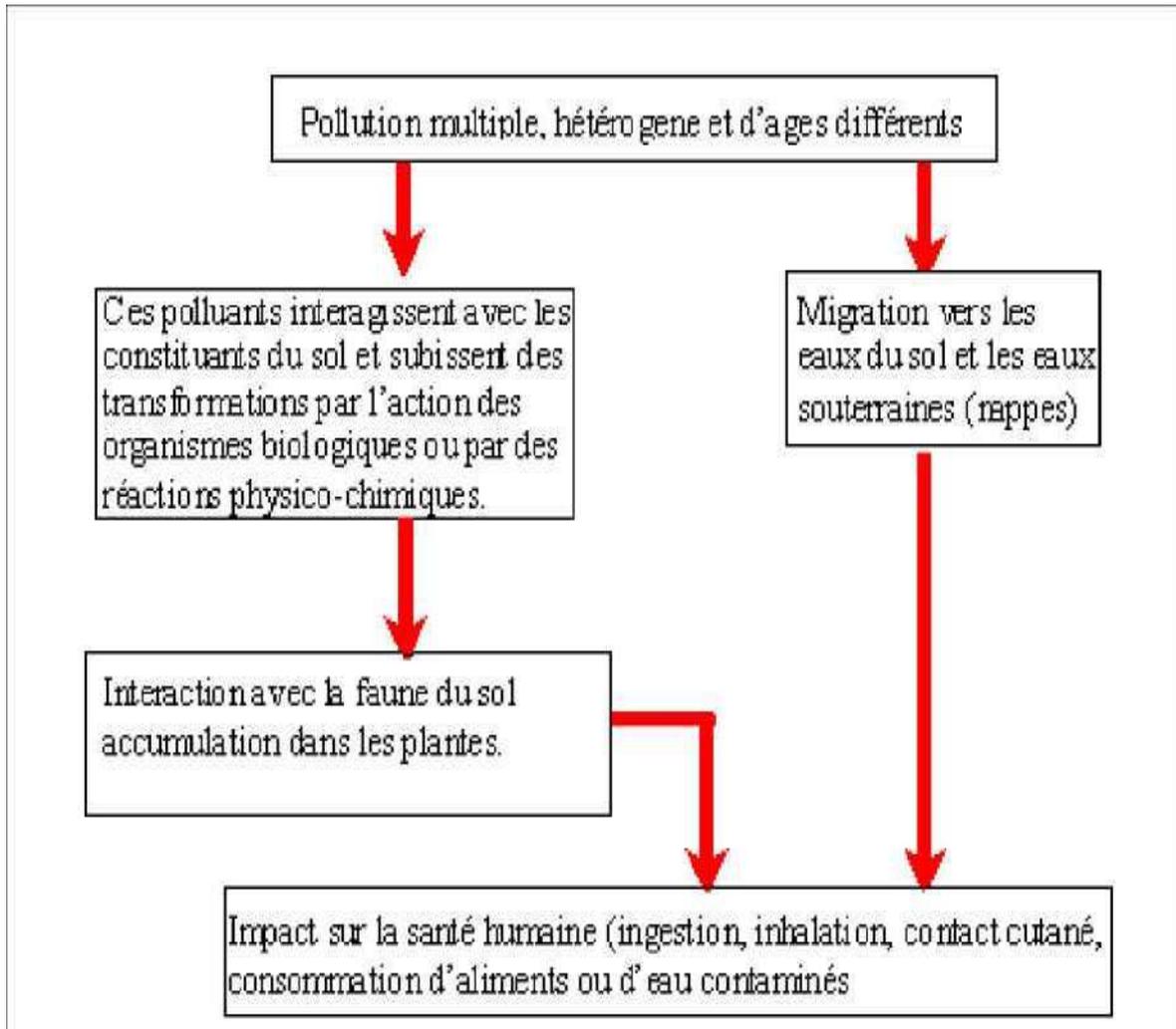


**Photo (2.3) :** Site de stockage des boues de forage

### III .2. Influence des bourbiers sur l'environnement

Les bourbiers (cuttings) sont principalement contaminés par des hydrocarbures (gasoil ou pétrole, provenant de la boue à base d'huile) et des métaux lourds (provenant principalement des additifs de la boue).

Les cuttings risquent de contaminer le sol et le sous-sol par les actions suivantes :



**Figure (2.2) :** action des polluants dans le sol [10]

Le bourbier est un lieu d'isolement des déchets de boue du forage les éléments essentiels qui constituent ces déchets sont des hydrocarbures (gasoil), l'eau, et les solides qui contiennent des métaux lourds.

**a. Métaux lourds :**

Certains contaminants tels que les métaux, sont susceptibles d'être toxiques de façon immédiate envers un être vivant. En raison de leurs propriétés chimiques (solubilité, état d'oxydation) les métaux se présentent sous différentes formes (ions, complexes) et liés à divers ligands. Leur spéciation influence directement sur leurs toxicités et leurs biodisponibilités. La présence simultanée de plusieurs métaux peut engendrer une toxicité supérieure à celle de chaque métal séparé. Par exemple, le zinc, le cadmium et le cuivre sont toxiques faibles pH et agissent en synergie pour inhiber la croissance des algues et affecter les poissons.

**b. gas-oil :**

La stabilité des hydrocarbures aliphatiques est assez élevée, leur dégradation dans l'environnement, sous l'effet de la lumière ou des bactéries étant très lente, mais l'exposition très lente à l'air libre puisque les bourbiers de forage sont sans toit et de haute température connue au désert algérien cause l'évaporation du gas-oil il donne naissance à des vapeurs de benzène et du toluène qui sont dangereux même à faible concentration.

Dans le cas des hydrocarbures plus légers que l'eau, la quantité déversée doit être suffisante pour qu'il ait constitution d'une phase continue. Sinon, la pollution se manifestera sous forme de gouttelettes d'huile piégées dans les pores constituant autant de micro-sources de pollution, par relâchement dans la phase eau de composants solubles.

L'effet des déchets isolés dans le bourbier se manifeste pas rapidement leur impact apparaît après leur transformation. Des procédures sont mises en place pour protéger l'environnement par le traitement des bourbiers, avec des méthodes modernes en modes online et offline, distillation pour récupérer l'eau et le gasoil.

Dans SONATRACH-division forage a consenti des investissements conséquents dans le but de prendre en charge les rejets inhérents à l'activité. Pour ce qui est du traitement, deux modes distincts sont adoptés :

- ✓ Les traitements en modes online : ou le prestataire de service de traitement intervient en parallèle avec les travaux de construction du puits.
- ✓ Les traitements en mode offline: ou le prestataire de service de traitement intervient après la fin des travaux sur un puits donné et le déménagement de

l'appareil de forage.

### **III.3. Pollution par les hydrocarbures et effets sur la santé**

Les sols contaminés par les hydrocarbures présentent un danger lors d'un contact direct avec l'homme ou lors de leur transfert dans la chaîne alimentaire par le phénomène de bioaccumulation. La toxicité des hydrocarbures vis-à-vis des personnes et de l'environnement dépend de leur structure et de leur concentration. Par exemple, le benzène et ses dérivés présentent à faible dose des effets neurotropes et cancérigènes à des doses plus élevées, ils provoquent des tremblements musculaires et des convulsions, et une concentration de 65 mg/L dans l'atmosphère est rapidement mortelle .

Des effets sur les plantes sont aussi signalés, parmi lesquels l'altération dans la régulation de leur croissance, une diminution du taux d'oxygène dans le sol et le phénomène de bioaccumulation. Sur les animaux, les effets des hydrocarbures montrent une diminution du taux d'hémoglobine et un dysfonctionnement du foie (effets hépatotoxiques). Par ailleurs, des essais d'écotoxicité de certains fluides de forages à base d'eau et d'huile, sur des mollusques bivalves montrent que les fluides de forage peuvent affecter les tissus somatique et reproductif de ces animaux.

Donc, plusieurs effets sur la santé peuvent être associés aux fluides de forage, à savoir des irritations dermiques, respiratoires et même des effets cancérigènes, notamment dus aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Ces produits sont introduits dans l'environnement à partir de la combustion incomplète de combustibles fossiles, d'éventuels accidents dans les procédés d'exploitation ou à partir des procédés naturels de transfert et de transformation du carbone . En plus des effets toxiques, mutagènes et cancérigènes des HAPs, on note de sérieux problèmes concernant leur oxydation, leur bioaccumulation et leur adsorption dans le sol

Les produits tensioactifs sont généralement toxiques, surtout pour le milieu aquatique, et entraînent des effets néfastes à long terme sur l'environnement. Ils sont nocifs en cas d'ingestion. Ce sont des composés potentiellement bio-accumulables. L'exposition répétée peut provoquer des dessèchements ou gerçures de la peau. Une exposition prolongée peut entraîner des problèmes de santé (respiratoires, digestifs, dermiques). L'inhalation des vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges [11]

### **III.4. Phénomènes de pollution**

#### ***a. Evaporation***

C'est la conséquence de la volatilisation de composés chimiques légers (de faible masse molaire), comme les HAP, dont leur volatilisation s'avère très contraignante pour l'environnement, du fait de leurs caractères toxiques.

#### ***b. Emulsification***

Une émulsion est formée par l'action d'agents tensioactifs entre les phases d'huile (ou d'autres matières organiques) et d'eau, produisant ainsi une couche visqueuse et très persistante dans le temps, d'où sa dégradation prendra beaucoup de temps.

#### ***c. Sédimentation***

Elle concerne les composés de haute densité. On observe à partir de ce phénomène la formation d'une couche semi-solide (agrégat) difficilement biodégradable

#### ***d. Biodégradation***

Puisque les boues sont généralement stockées dans des bourbiers (à l'air libre), ce milieu favorise l'action de microorganismes microbiens pour la dégradation de ces substances, d'où il y aura émission de CO<sub>2</sub> vers l'atmosphère.

#### ***e. Dispersion***

Ce phénomène est observé pour le cas du rejet des boues en mer. L'action du vent et la faible viscosité des huiles, ne feront qu'augmenter la vitesse de dispersion des boues et agrandir le périmètre couvert par celles-ci, comme c'était le cas pour la marée noire dans le golfe du Mexique (été 2010).[10]

### III .5. Proposition de projet de forage sans bourbiers (0% décharge)

Malgré que l'état algérien et Sonatrach ont souligné une convention pour la protection de l'environnement et dépensent des grands budgets pour ce but, mais en réalité on trouve qu'il ya une certaine quantité des rejets qui sont pénétrés la nappe phréatique, donc ces rejets provoquent des problèmes qui menacent l'homme, les animaux et les plantes.



**Photo (2.4) des chameaux morts à cause des eaux toxiques.**

La photo(2.4) représente des chameaux morts à cause des eaux toxiques des puits d'eau qui se situent environ 40 km loin de la région de HMD (Hassi Ouelad Salah).

Donc les moyens de la dépollution des rejets pétroliers dans cette zone ne sont pas exploités correctement, par contre les états Qatar, Tunisie, Angola...etc peuvent arriver à trouver des solutions définitives pour ces rejets à partir d'une application du principe du forage sans bourbiers (0% décharge)

## **IV. Méthode et moyenne utilisé**

### **IV.1. Introduction**

A cause de l'augmentation de l'activité de forage pétrolier dans le sud algérien et les bourbiers qui en résultent après l'utilisation des fluides de forage à base d'huile, ces bourbiers provoquent des problèmes qui menacent la vie de l'homme, des animaux et des plantes.

### **IV. 2. Méthodologie de travail**

L'objectif de ce travail est de trouver des solutions qui peuvent réduire ou arrêter l'influence de ces éléments toxiques. Pour cela on a adopté une méthode de travail en commençant par une recherche bibliographique concernant le forage pétroliers, les fluides de forages et les déchets de produits utilisés.

On a fait des visites sur site, pour reconnaître en proche l'identité de ces rejets, leurs composants chimiques, et leurs influences sur l'environnement et on a vu les moyens appropriés pour traiter ces rejets et pour faire des limites concernant leur influence négative \* on a trouvé qu'il ya une méthode de traitement qui est le traitement mécanique dans le site de travail.

Ces travaux de terrain permettent de diagnostiquer la méthode de traitement de ces rejets, et rendre efficaces la neutralisation des ces produits néfastes.

L'échantillonnage des rejets se fait selon les méthodes conventionnelles. Des échantillons avant et après traitement durant plusieurs phases de forage afin de prendre des échantillons homogènes échantillons concernant les rejets du forage pétrolier de la zone de Hassi Messaoud avant et après le traitement de méthode.et puis on a transposé ces échantillons vers le laboratoire pour faire des analyses et extraire des résultats qui peuvent améliorer l'utilisation de cette méthode.

Alors selon tous ce qu'on expliqué. Le travail est en deux classes (catégories). Le premier est le site du travail et la deuxième est les analyses laborantines.

### **IV.3. Les travaux in situ**

Après les visites du chantier de forage de puits pétroliers SAIDET BEN ALI- 1 (SLB-1) nous enregistrons les informations suivant :

- a- les fluides de forage utilisés :** trois types des fluides de forage utilisés pour forer ce puits.
- boue de forage bentonitique : pour la phase 26"**

La profondeur forée durant cette phase, est de 150 m.

La boue bentonitique présente les caractéristiques consignées dans le tableau (2.1)

**Tableau (2.1) Caractéristiques des boues bentonitique utilisées**

Densité	Bentonite(kg/m <sup>3</sup> )	PH	Sol%	Cl(mg/1)	Viscosité
1.05	70-80	12	4	2.2	ALAP

**-boue de forage a base d'huile : pour la phase 16"**

La profondeur forée durant cette phase, est de 1542m.

**Tableau (2.2) Caractéristiques des boues à base d'huile utilisées**

Densité	OBM50/50 (kg/m <sup>3</sup> )	PH	Sol%	Cl"(mg/1)	viscosité
1.25	-	-	28	141	ALAP

**-boue salée saturée : pour la phase 12"<sup>1/4</sup>**

La profondeur forée durant cette phase, est de 601 m.

La boue à base salée présente les caractéristiques consignées dans le tableau (2.3)

**Tableau (2.3) Caractéristiques de boue à base salée utilisée**

Densité	OBM50/50 (kg/m <sup>3</sup> )	PH	Sol%	Cl"(mg/1)	Viscosité
1.85	-	-	35	145	ALAP

**-boue à huile+azote : pour la phase 8"<sup>1/2</sup>**

La profondeur forée durant cette phase, est de 155 m.

La boue utilisée présente les caractéristiques consignées dans le tableau (2.4)

**Tableau (2.4) Caractéristiques de boue à base salée utilisée [12]**

Huile/eau	Densité	OBM (kg/m <sup>3</sup> )
95/5	0.86	-
90/10	1.2	-

✓ **Volume des bourbiers par mètre de terrain foré :**

**Le tableau (2.5):** consigne le volume des rejets pour chaque phase

Phase	C (l/m)
26"	150
16"	65
12" <sup>1/4</sup>	32
8" <sup>1/2</sup>	17

Les résultats qualitatifs et quantitatifs des rejets (bourbiers) sont réalisées au niveau de Laboratoire.

Pour le traitement de ces bourbiers nous avons une méthode de traitement (Mécanique)

#### **IV.4. Les équipements du traitement de la boue de forage :**

**1-Le tamis vibrant:** Est le premier appareil de traitement des solides.

Il peut évacuer les solides jusqu'à 50 % de Solides avec des tamis de 100 mesh

**Les qualités nécessaires sont:**

- Robustesse et fiabilité de l'équipements
- Bon
- pouvoir de séparation
- Accès et maintenance facile
- Capacité de traitement suffisant

pour toutes les phases du forage



**Photo (2.5) : le tamis vibrant**

## 2-Décantation :

En général aujourd'hui, la décantation n'est effectuée que dans un petit bassin de 4 à 5 m<sup>3</sup>, appelé "sablière" et situé sous les vibrateurs ou juste en aval de ceux-ci. Il est également favorisé par l'inclinaison à 45° du fond du bassin. Pendant les phases de démarrage, cette sablière (ou "Sand trap") est nettoyée au moins à chaque manœuvre et même à chaque ajout de tige lors d'avancement très rapide dans les sables par exemple.



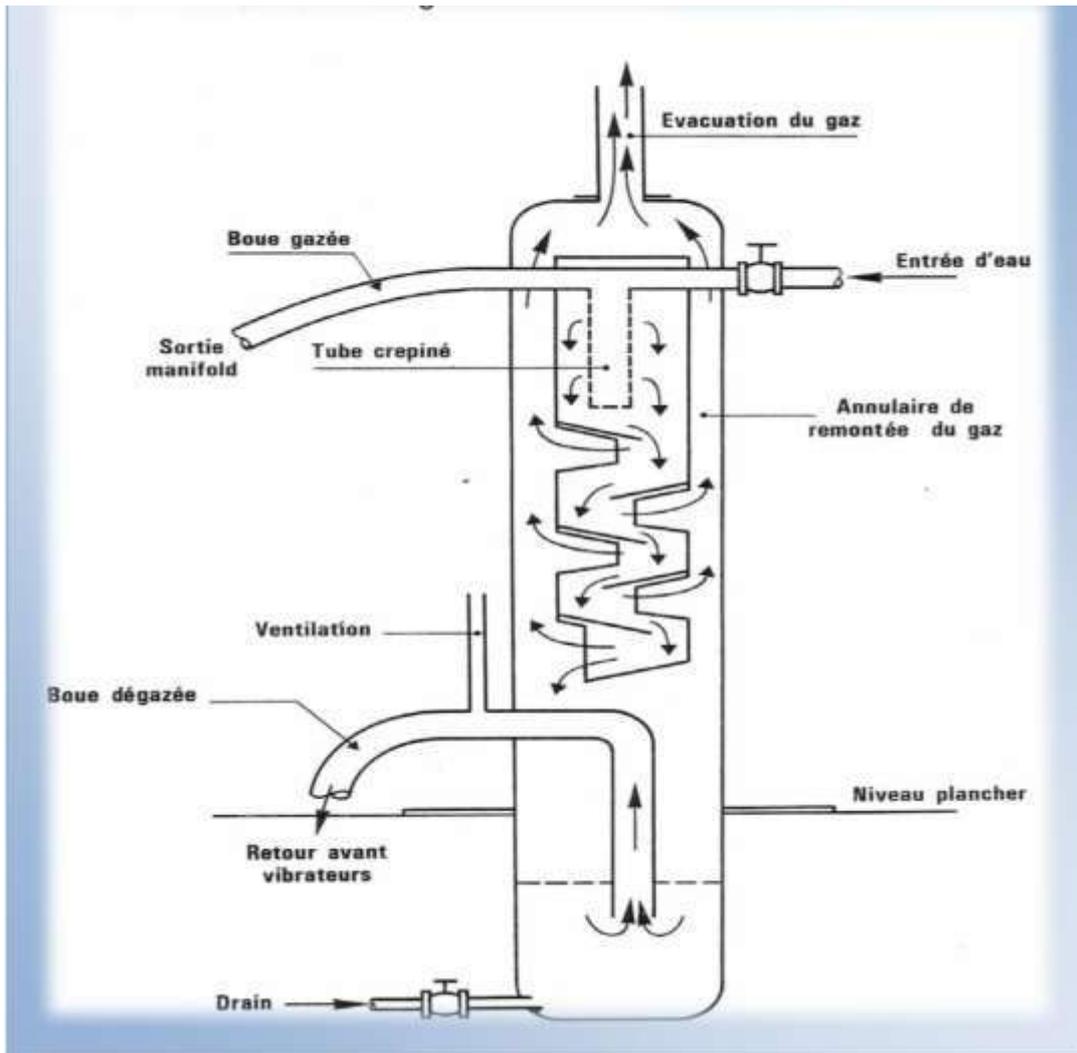
*Photo (2.6) : bac d'décantation*

## 3-Dégazage :

Suivant l'importance de la venue de gaz, deux types de circuit peuvent être établis à la sortie du puits.

### 3.1-Séparateur vertical :

Dans le cas de fortes venues, le puits est circulé sous duse. Après le manifold de duses, la boue passe dans un séparateur vertical, ce dernier est séparé le gaz vers le manifold et boue dégazer vers les bacs actifs.

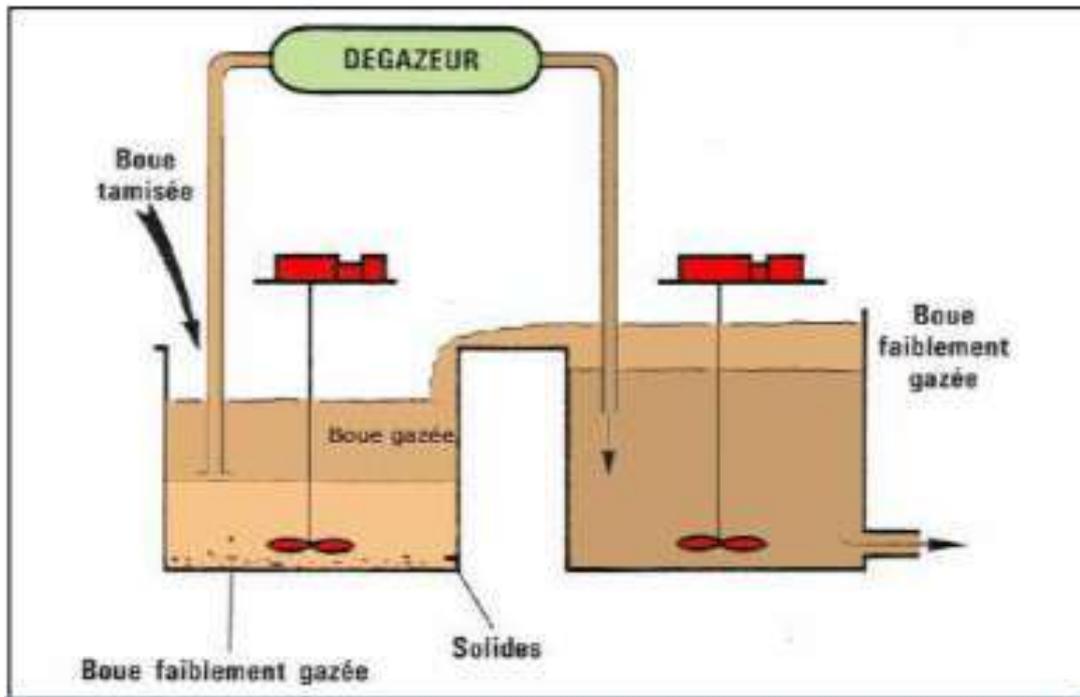


**Figure(2.3) : Séparateur vertical**

### 3.2-Dégazeur :

Dans le cas où la teneur en gaz n'est pas trop élevée, soit parce que la venue de la formation est faible, soit parce qu'il s'agit de gaz résiduel après séparateur ou de gaz recyclé, la boue gazée est passée dans un dégazeur installé en parallèle sur le circuit.

La boue est injectée dans une enceinte où elle est en général soumise à un vide partiel. La boue se dégage par ruissellement sur des chicanes et retourne dans le circuit.



*Photo (2.7): Dégazeur*

## 6-L'hydrocyclone:

L'hydro cyclone est dispositif mécanique ayant pour objet d'accélérer le processus normal de la sédimentation.

La boue de forage est injectée sous pression tangentielle à la paroi



*Figure (2.4): L'hydrocyclone*

### 7- Mud Cleaner:

Est un appareil indépendant monté en parallèle sur le circuit et comporte sa pompe d'alimentation,

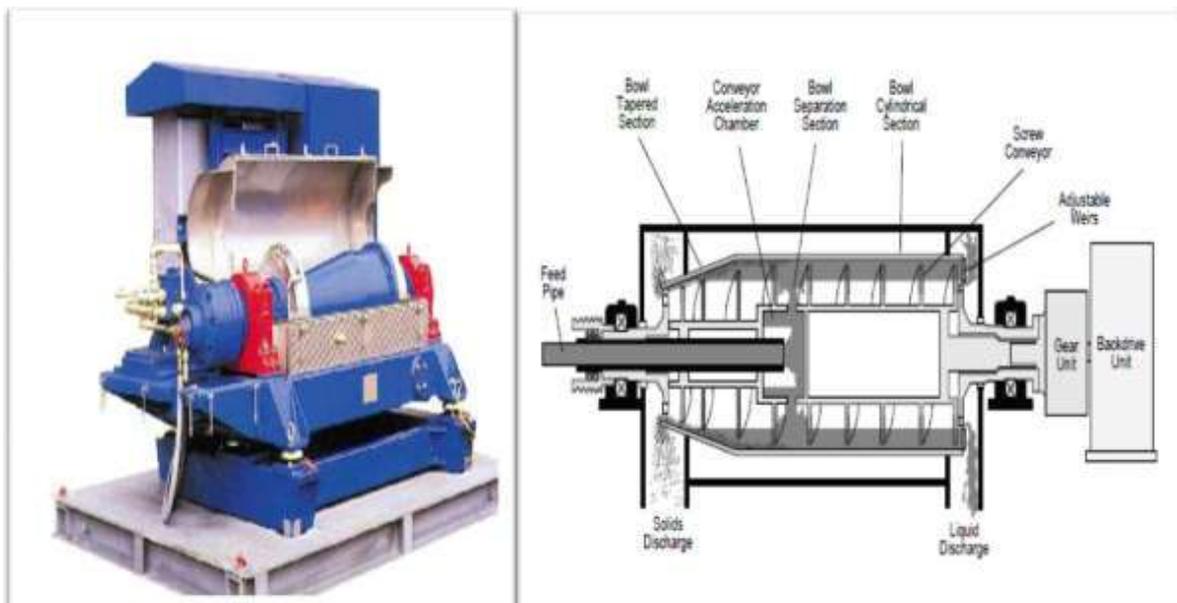
Sa batterie de cônes 4" et son tamis vibrant. Ce système n'est rentable que dans le cas de boue chère et/ou polluante.



*Photo(2.8) : Mud Cleaner*

### 8-Centrifugeuse :

Les centrifugeuses actuelles permettent d'éliminer les solides ayant une taille  $> 4''$ . Elles ont été utilisées avec une excellente rentabilité pour récupérer la boue perdue avec les effluents lourds dessableurs – désilteurs



*Photo (2.9) : centrifugeuse horizontale*

## IV.5. principes de traitement des rejets (bourbiers)

### IV.5.1. procédé ON-LINE (traitement mécanique durant le forage) 5% OOC.

Le système online que SONATRACH-division de forage a commencé depuis 2008 est un schéma de gestion intégrée des rejets de forage en cours de la construction du puits.

L'objectif de la gestion online est de minimiser les rejets et les réduire en amont. La prestation est réalisée par des sociétés de service spécialisées sous la supervision de SONATRACH.

Le package est composé de :

- ✓ tamis vibrants qui permettent de séparer les grandes particules solides trouvant dans la boue sortante du puits, des petites particules
- ✓ centrifugeuse verticale en aval des équipements de traitement mécanique de l'appareil de forage. La centrifugeuse permet d'essorer les cuttings et de réduire le Oil on cuttings massique de 30-35% à moins de 5%.

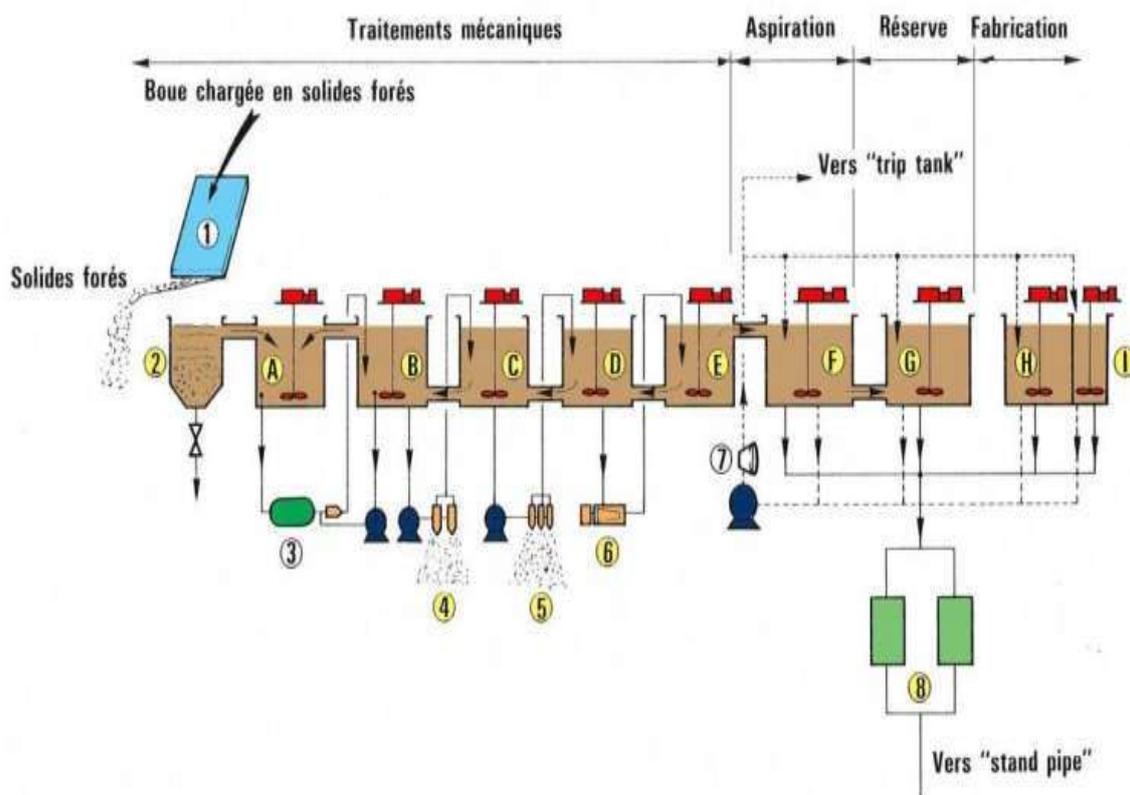


Figure (2.5) : traitement mécanique de la boue

. Le tableau (2,6) consigne les différents diamètres obtenus par le traitement mécanique des déblais.

Chaine de traitement mécanique	Diamètre des déblais retient
Tamis vibrant	Diamètre grande
Dessableur	74 $\mu$ m < H < 200 $\mu$ m
Dessilteur	2 $\mu$ m < H < 74
Centrifugeuse et verti-G	< 2 $\mu$ m

**Tableau (2.6):** chaine de traitement mécanique

### **Les centrifuges verticales (verti-G dryer)**

. Les déblais sont passés à partir du tamis vibrant vers le verti-G à laide des vis infinies appelé auger ; ces déblais entrent par l'admission supérieure de cône et tombent sur un rotor conique qui tour à 680 tr/min.

Les cuttings sont séparés grâce à cette vitesse différentielle (vitesse de rotor conique) donc le liquide traverse le tamis (screen) et les solides sont entraînés vers la base du cône à l'état poudre (dry) et la teneur en huile est inférieure à 5%. (**Oil On Cuttings < 5%**) 5% OOC.

Le liquide précédent est dirigé vers le centrifuge horizontale (centrifuge 414 de 1900 tr/min) pour récupérer le fluide vers les bacs de forage et le reste est renvoyé vers wet cuttings (teneur en huile > 22%) pour l'opération de TDU (**Thermol disorption unit**). [13]

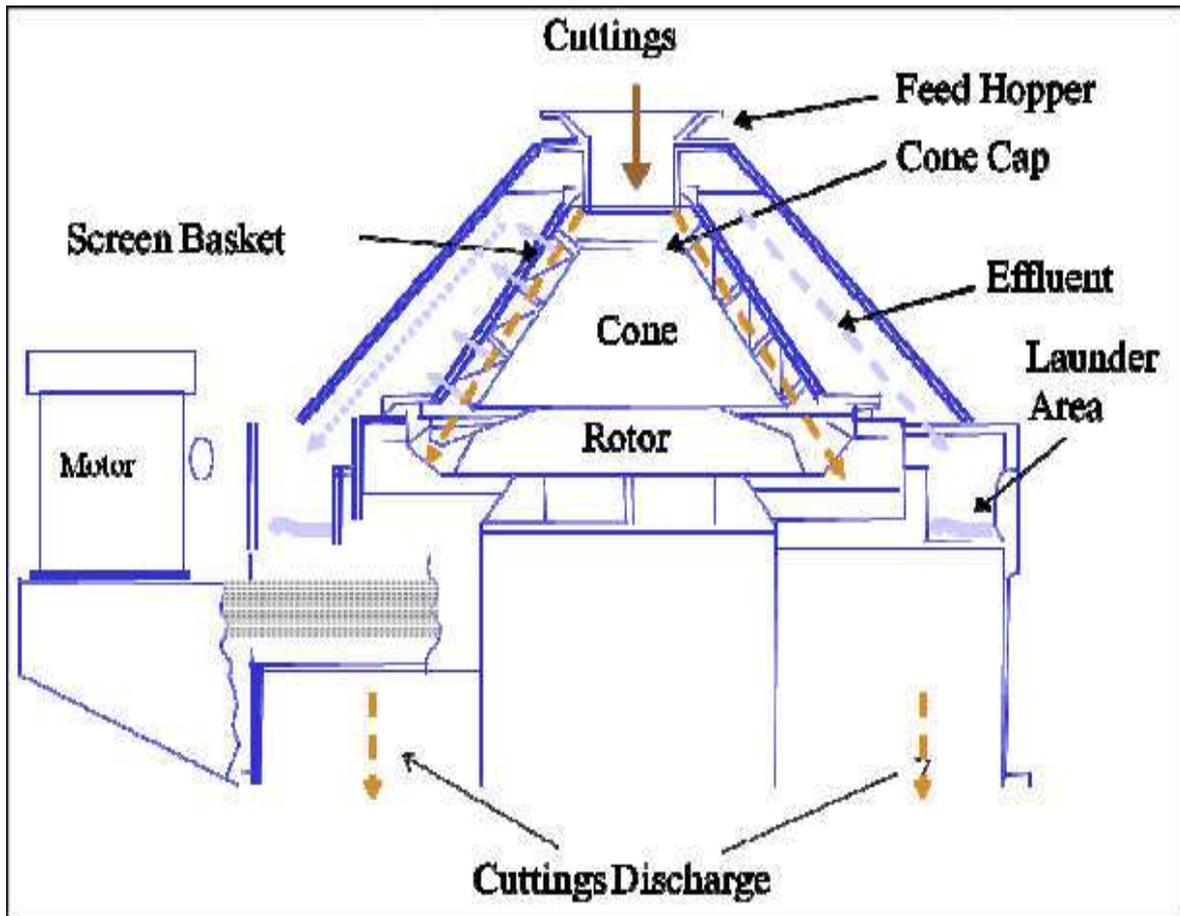


Figure (2.6): principe de fonctionnement de Verti-G

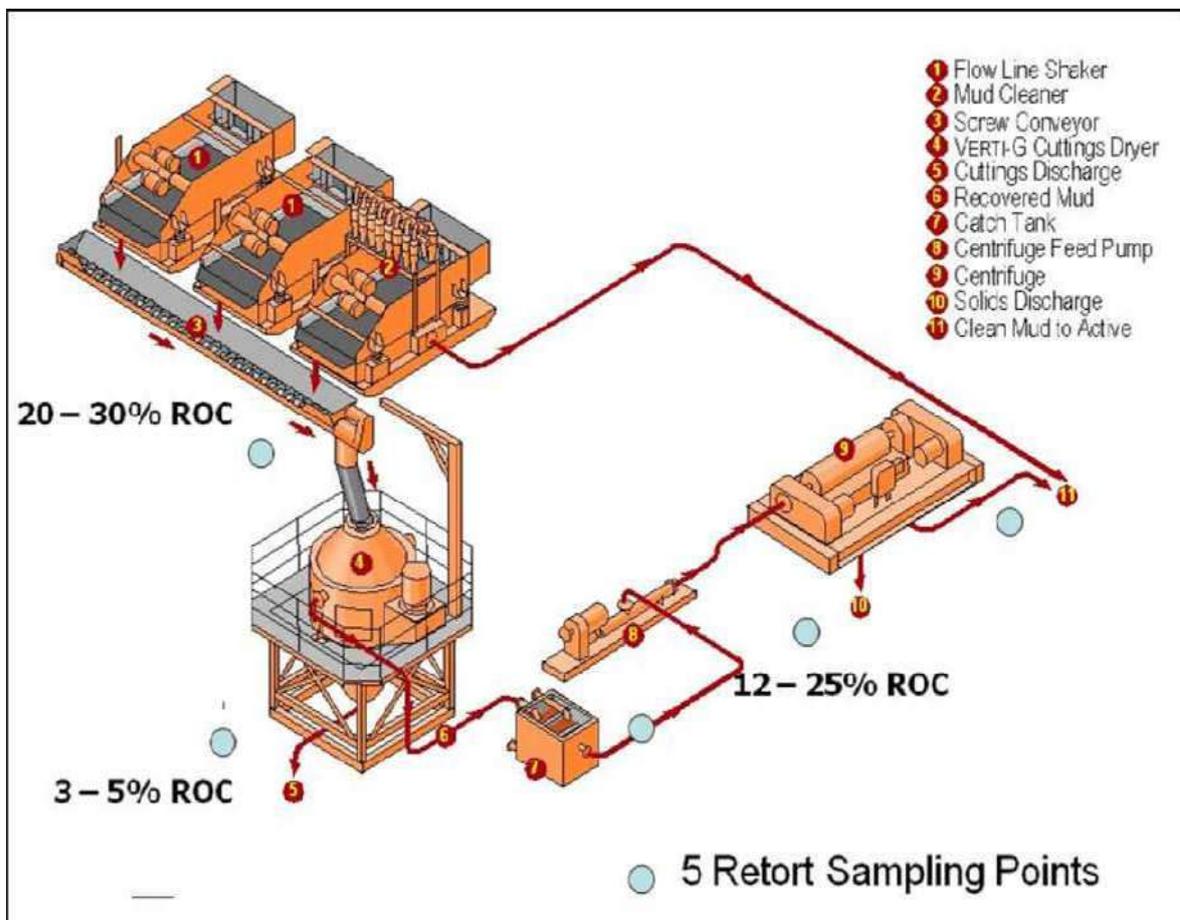
Photos de comparaison entre un bourbier conventionnel et un wet pit « traitement online »



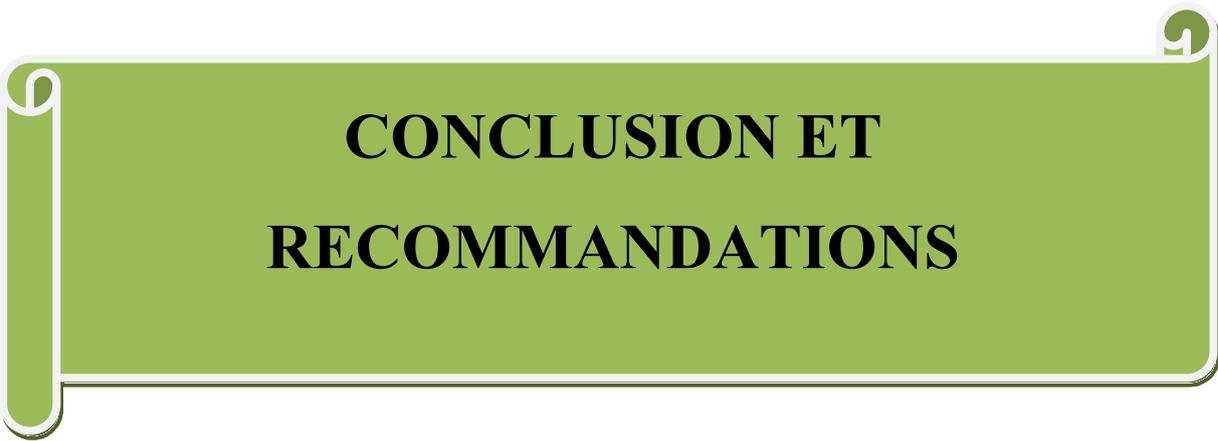
Figure(2.7): bourbier conventionnel (volume =3800m<sup>3</sup>, liner de mauvaise qualité )



**Figure (2.8):** bourbier wet pit (volume = 900m3, liner de bonne qualité (certifié))



**figure (2.9) :**l'installation de fonctionnement de vortex (verti-G) [ 14 ]

A green scroll banner with a white border and decorative scroll ends on the left and right sides. The text is centered within the banner.

**CONCLUSION ET  
RECOMMANDATIONS**

# CONCLUSION

Avant de procéder à tout type de traitement de la boue, il est indispensable de commencer par faire une étude complète, à savoir l'historique du puits, ainsi que l'analyse des échantillons des fluides et des différents dépôts récupérés.

D'après les résultats obtenues au terme de cette étude, nous affirmons que les rejets pétroliers présentent des risques sur l'environnement et sur la santé à cause de leurs compositions qui dépassent les limites maximales conventionnelles par l'état algérien (degré de contamination des ces rejets est d'environ 9.61% en huile, donc cette valeur dépassé la valeur 5% sur déchets brut).

À partir de méthode de traitement que nous avons fait, on a trouvé que le traitement mécanique est efficace pour minimiser les rejets et les réduire en amont .et d'essorer les cuttings et de réduire le Oil on cuttings massique de 30-35% à moins de 5%.

À la fin de notre étude, on a constaté que pour ne pas influencer l'environnement il est obligatoire de applique le traitement mécanique et autres méthodes de traitement

## **Recommandations :**

- ✓ Contrôler les valeurs limites de leurs rejets par moyen d'unités spécifiques destinées à faire leur traitement
- ✓ obliger les opérateurs à effectuer des procédures de contrôle et d'analyse de leurs rejets, et même fournir des explications en cas de non-respect des limites indiquées
- ✓ il est important de connaitre les phénomènes de diffusion des polluants dans la nature.
- ✓ L'application des réglementations en matière de traitement et de rejets défluent industriels
- ✓ améliorer et optimiser les performances environnementales des activités E&P
- ✓ L'application des méthodes de traitement sont efficace pour le piège des métaux lourds, et efficace pour dépollution des hydrocarbures

---

## BIBLIOGRAPHIE

[1] journal officiel de la république algérienne

[2] H. Askri, "Géologie de l'Algérie", Contribution de SONATRACH Division Exploration, Centre de Recherche et de Développement et Division Petroleum Engineering and Développement, 2003.

[3] M.Chkired (cours de la technologie des forages pétroliers, première année magister génie pétrolier) 2010.

[4] - Khodja.M « Etude des performances et Considérations environnementales». Université Louis Pasteur Strasbourg - France, 2008

[5] A SLIMANI forage pour non foreurs , division forage, département formation sonatrach , septembre 2003

[6] (les boues de forage) formation de ENSP 2008.

[7] Mohammed CHERIFI, "Drilling Waste Management for Environmental Protection in Hassi Messaoud Field", Faculty of Design and Technology, School of Engineering, The Robert Gordon University, Aberdeen, June 2006.

[8] Rahmani.T et Bougutta .A ( étude sur l'efficacité de traitement des bourbiers de forage pour la protection de l'environnement, cas de Hassi R'mel) 2004.

[9] DADA Mohamed abderrahman optimisation d'un procédé de traitement des boues des forage ,mémoire présente en vue de l'obtention du diplôme de magister 2010/2011 université M'hamed BOUGARA ,Boumerdes

[10] Yacine YAICHE, "Environmental Impact Assesment of the Driiting Activities in the Hassi Messaoud Field", Faculty of Design and Technology, School of Engineering, The Robert Gordon University, Aberdeen, June 2006.

[11] KHODJA Mohamed les fluide de forage: étude des performances et considérations environnementale, mémoire présente en vue de l'obtention du diplôme master 2008/2009

Université des science et de technologie Houari Boumediene

[12] Sonatrach (programme de forage de puits SLB-1) 2017.

[13] MI-SWACO (Verti-G cuttings Dryer) july 2009

[14] Nov Brandit (vortex dryer) 2011



## Expérience de la verti-G dans l'Algérie

Customer	Rigs	Wells	Total Mud Recovered (M <sup>3</sup> )	OOO %
AGIP	SAIPEM#94	ROM7	123	3.65
		ROM9	90	3.45
		ROM11	77	4.12
		BRSW12	87	2.96
		ROMN3	72	3
		ZEA5	161	3.58
		ROM13	145	3.25
		BRSW16	155	3.56
		BRSW13	98	3.5
		REC3H	135	3.8
		ROM15	56	3.78
		ROM19	60.5	3.46
		ROM20	60	3.44
	NABORS#284	BRSW11	137	3.48
		BRSW10	142	3.45
		ROM8	88	4.12
		ZEA4	75	3.56
		ROM N1	88	3.46
		ROM N2	68	3.78
		ZEA 6	92	3.1
ROM E2		96	4.12	
ZEA8	93	3.91		

<b>Customer</b>	<b>Rigs</b>	<b>Wells</b>	<b>Total Mud Recovered (M<sup>3</sup>)</b>	<b>OOB %</b>
	SAIPEM#32	RDB2	62	3.35
		ROD18	107	3.65
		SFNE8	127	3.41
		BSF6	78	4.12
		BSF 8	34	2.55
		BSF 9	34	3.53
		ROM17	66	3.17
	TP#162	ROD20	49	3.25
		ROD19	62	3.6
		SFNE10	61	3.64
		ROM14	66	3.62
		IAN2	66.5	3.62
		IAN7	74	3.67
FCP	NABORS #284	LES 1	105	4.02
		LEW 1	84	3.27
		MLE 6	85	4.12
	SAIPEM#93	ZCH-W1	72	4.21
		RTN1	60	2.9
		ZCH2	56	3.15
		LES3	77	3
		LEW2	96	3.14
		GSM1	96	3.12
		LES4	81	4.05
		MZLN3	113	3.86
LEC2	99	3.85		

<b>Customer</b>	<b>Rigs</b>	<b>Wells</b>	<b>Total Mud Recovered (M<sup>3</sup>)</b>	<b>OOB %</b>
		<b>LES7</b>	<b>165.6</b>	<b>3.96</b>
		<b>LES8</b>	<b>100.4</b>	<b>3.48</b>
		<b>LES9</b>	<b>105.5</b>	<b>3.67</b>
		<b>MZLN6</b>	<b>172</b>	<b>3.99</b>
	<b>GWDC#120</b>	<b>MLZS2</b>	<b>98</b>	<b>3.61</b>
		<b>ZER1</b>	<b>108.6</b>	<b>3.94</b>
		<b>ZER2</b>	<b>134</b>	<b>2.6</b>
		<b>LEW3</b>	<b>122</b>	<b>3.36</b>
		<b>MZLN4</b>	<b>121</b>	<b>3.85</b>
		<b>MZLN5</b>	<b>94.5</b>	<b>3.72</b>
	<b>DMM#2</b>	<b>GSME1</b>	<b>85</b>	<b>3.67</b>
		<b>MZLN2</b>	<b>79</b>	<b>3.21</b>
		<b>LES6</b>	<b>79</b>	<b>4.32</b>
<b>G.BERKINE</b>	<b>NABORS# 283</b>	<b>HBNS44</b>	<b>17</b>	<b>3.92</b>
		<b>HBNS112</b>	<b>59</b>	<b>3.17</b>
		<b>HBNS113</b>	<b>57</b>	<b>3.6</b>
		<b>HBNS47</b>	<b>57</b>	<b>2.47</b>
		<b>BBKSE01</b>	<b>62</b>	<b>3.17</b>
		<b>HBNE01</b>	<b>54</b>	<b>3.06</b>
		<b>HBNS49</b>	<b>66</b>	<b>4.3</b>
		<b>HBNS50</b>	<b>66</b>	<b>3</b>
		<b>HBNS51</b>	<b>74</b>	<b>3</b>
		<b>HBN26</b>	<b>91</b>	<b>4.94</b>
		<b>HBN25</b>	<b>95</b>	<b>3.79</b>
	<b>NABORS# 810</b>	<b>HBN30</b>	<b>72</b>	<b>3.85</b>

Customer	Rigs	Wells	Total Mud Recovered (M <sup>3</sup> )	OOC %
		HBNS53	59	4.16
		HBNS54	94	3.9
		HBNS57	70	3.32
		HBNS55	60	3.81
		HBN29	77	3.71
		RFR1	100	3
		HBNS56	56	3.12
		HBNS58	50	3.12
		HBN31	48	3.25
		EKT9	76	2.5
		EKT10	69	3.11
		EME11	79	2.73
		EME10	72	3.14
		EMN7	80	2.78
		EMK9	50	2.5
		EMK10	75	2.48
		EMK101	94	3.28
		EME12	86	4.11
		EME13	70	3.86
		EMK11	62	2.89
		EMK14	67	3.54
		EMK15	70	2.67
		EMN8	76	3.09
		EMK13	87	3.37
		EME14	66	3.95

<b>Customer</b>	<b>Rigs</b>	<b>Wells</b>	<b>Total Mud Recovered (M<sup>3</sup>)</b>	<b>OOB %</b>
		<b>BBKS2</b>	86	4.16
		<b>BBKS3</b>	87	3.3
		<b>HBNS-60</b>	43	3.04
		<b>HBNE-2</b>	51.35	3.02
		<b>ZENN-1</b>	52.6	3.07
<b>G.BERKINE</b>	<b>TP#162</b>	<b>BKNE20</b>	58	4.71
		<b>BKNE23</b>	72	3.83
		<b>BKNE B3</b>	72	3.08
		<b>BKNE19</b>	62	4.67
		<b>BKNE21</b>	55	4.12
		<b>BKNE B1</b>	73	3.52
		<b>BKNE22</b>	56	3.86
		<b>SFSW3</b>	62	4.1
		<b>HBN32</b>	52	3.1
		<b>HBNS59</b>	53	2.95
		<b>BKNE11B</b>	60	3
		<b>HBN33</b>	40	3.2
		<b>ZENNW1</b>	51	2.97
		<b>HBN34</b>	38	2
		<b>BBKS1</b>	50	4
		<b>SDLN1</b>	78	4.11
		<b>EMK12</b>	84	3.45
		<b>EK11</b>	78	4.53
<b>EMT11</b>	54	3.54		
<b>EMT12</b>	59	4.15		

<b>Customer</b>	<b>Rigs</b>	<b>Wells</b>	<b>Total Mud Recovered (M<sup>3</sup>)</b>	<b>OOB %</b>
		<b>EMK16</b>	<b>66</b>	<b>3.6</b>
		<b>BBKS4</b>	<b>66</b>	<b>4.00</b>
		<b>BBKS5</b>	<b>65</b>	<b>3.43</b>
<b>OURHOUD</b>	<b>NABORS #288</b>	<b>QB28</b>	<b>64</b>	<b>4.26</b>
		<b>QB43</b>	<b>31</b>	<b>4.64</b>
		<b>QB30</b>	<b>77</b>	<b>4.03</b>
		<b>QB41</b>	<b>85</b>	<b>3.76</b>
		<b>QB49</b>	<b>100</b>	<b>3.84</b>
		<b>QB50</b>	<b>114</b>	<b>2.4</b>
		<b>QB51</b>	<b>126</b>	<b>4.22</b>
		<b>QB52</b>	<b>103</b>	<b>3.52</b>
		<b>QB53</b>	<b>116</b>	<b>3.57</b>
		<b>QB55</b>	<b>131</b>	<b>3.76</b>
		<b>QB56</b>	<b>124</b>	<b>4.13</b>
		<b>QB57</b>	<b>103</b>	<b>3.23</b>
		<b>QB58</b>	<b>131</b>	<b>3.33</b>
		<b>QB59</b>	<b>116</b>	<b>3.91</b>
		<b>QBH110</b>	<b>171</b>	<b>3.11</b>
		<b>QB60</b>	<b>139</b>	<b>3.15</b>
		<b>QB61</b>	<b>130</b>	<b>3.63</b>
		<b>QB62</b>	<b>131</b>	<b>3.7</b>
		<b>QB64</b>	<b>124</b>	<b>4.6</b>
		<b>QB63</b>	<b>137</b>	<b>4.14</b>
<b>QB65</b>	<b>121</b>	<b>3.7</b>		
<b>QB67</b>	<b>129</b>	<b>3.35</b>		

Customer	Rigs	Wells	Total Mud Recovered (M <sup>3</sup> )	OOC %
		QB68	130	4.02
		QB66	122	3.33
		QB70	126	3.37
		QB72	148	3.7
		QB73	132	3.5
		QB69	153	3.5
		QB75	143	3.49
		QB74	167	3.71
		QB76	86	4.06
		QB77	156	3.38
CEPSA	SAIPEM#93	RKF16	55	3.48
		RKF 19	94	3.74
	NABORS#283	RKF20	105	2.98
		RKF21	103	3.56
		RKF22	126	3.26
		RKF23	111	4.2
		RKF24	115	3.6
RKF25	95	4.12		
REPSOL GTP	TP#200	BRD12	104.3	3
		BRD13	83.1	3.61
	TP#198	TOUAL10	55.3	3.53
	ENF#37	TOUQZH1	121.5	4.28
		NEZLA20	84.3	4.1
PIDC	NABORS#283	BRS5	53	3.6
		BRS6	100	4

<b>Customer</b>	<b>Rigs</b>	<b>Wells</b>	<b>Total Mud Recovered (M<sup>3</sup>)</b>	<b>OOC %</b>
		<b>BRS6BIS</b>	<b>186</b>	<b>3.14</b>
		<b>MOM 2</b>	<b>86</b>	<b>3.47</b>
	<b>ENAFOR#39</b>	<b>BRS7Bis</b>	<b>164.5</b>	<b>3.48</b>
		<b>HBHJ1</b>	<b>197.2</b>	<b>3.33</b>
		<b>MOM4</b>	<b>192</b>	<b>4.64</b>
	<b>TP#202</b>	<b>BRS8</b>	<b>120</b>	<b>3.8</b>
		<b>HBRO1</b>	<b>182</b>	<b>3.8</b>
<b>MEDEX</b>	<b>ENF#08</b>	<b>IAJS1</b>	<b>71</b>	<b>3.21</b>
		<b>INHE1</b>	<b>48</b>	<b>3.57</b>
		<b>MAON1</b>	<b>75</b>	<b>4</b>
		<b>IAJ-W1</b>	<b>75</b>	<b>3.45</b>
		<b>IRLS4</b>	<b>61.5</b>	<b>2.89</b>
		<b>WHS1</b>	<b>57</b>	<b>3.58</b>
		<b>WIH 4</b>	<b>30</b>	<b>3.4</b>
		<b>ISRS1</b>	<b>13.5</b>	<b>2.54</b>
		<b>IRLW4</b>	<b>36</b>	<b>3.05</b>
		<b>WHD1</b>	<b>40</b>	<b>3</b>
<b>SONATRACH</b>	<b>ENF#16</b>	<b>ONMZ143</b>	<b>86</b>	<b>4.68</b>
		<b>ONMZ232</b>	<b>97</b>	<b>3.22</b>
	<b>ENF#6</b>	<b>HRZ11</b>	<b>173</b>	<b>4.6</b>
		<b>HRZ12</b>	<b>59</b>	<b>2.7</b>
		<b>HRZ13</b>	<b>93</b>	<b>4.11</b>
		<b>HRD21</b>	<b>49</b>	<b>3.51</b>
	<b>TP#160</b>	<b>ZMH 2</b>	<b>181</b>	<b>3.76</b>
<b>TP#127</b>	<b>GBS1</b>	<b>170</b>	<b>3.51</b>	

Customer	Rigs	Wells	Total Mud Recovered (M <sup>3</sup> )	OOO %
	TP#139	ONMZ252	73	2.54
		ONMZ273	32	3.45
	TP#128	HGA21	212	3.64
PETROCANADA	NABORS#779	THLS1	95.5	4
	SAIPEM#32	HER1	89.5	4.15
GULF KEYSTONE	TP#180	RDL 1	209	4.02
BHP OHANET	SDS#48	IA 123	53	5.39
		IA119Z	143	3.92
		IA124	36	3.63
		IA118	57	3.28
		IA125	60	3.78
		IA120Z	109	2.9
BHP ROD	SAIPEM#93	MLSE08	32	2.93
		SFNE6	65	3.1
		ROD15	77	2.96
		ROD16	81	3.66
BURLINGTON	ENF#13	KMD02	56	2.7
		MLN11	17	2.75
		MLSE06	73	3.08
<b>TOTAL MUD RECOVERED M<sup>3</sup></b>				<b>19,244.75</b>
<b>TOTAL WELLS</b>				<b>216</b>
<b>AVERAGE OIL ON CUTTINGS%</b>				<b>3.54%</b>