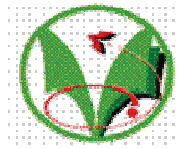




N° d'ordre:

N° de série:



**UNIVERSITE « KASDI MERBAH » OUARGLA**  
**Faculté des sciences et technologie et science de la matière**

**Département: Hydrocarbures et chimie**

**Mémoire**

**MASTER PROFESSIONNEL**

**Domaine: Sciences Technique**

**Filière: génie pétrolier**

**Spécialité: Forage**

**Présente Par:**

Mr: Belhabib Abdelouhab

Mr: Balla Fyaçal

Mr: Tama Ali Saber

***Thème:***

**LES FLUIDE DE FORAGE A BASE  
D'HUILE : IMPACTS SUR  
L'ENVIRNNEMENT ET TECHNIQUE DE  
TRAITEMENT**

Soutenu devant le jury:

Khalil Zerari  
Salah Tlili  
Lakhdar Boucetta

President  
Examineur  
Encadreur

Année Universitaire 2012/2013

# Dédicace

*Il existe dans le monde des êtres chers, à qui nous leurs devons presque tout, et qui compte beaucoup pour nous ; et rien ne pourrait être accompli pour leur rendre tout ce qu'ils nous ont apporté dans la vie.*

*Je voudrais dédier ce modeste travail à :*

*Mes Parents,*

*Mes frères,*

*Toute ma grande famille,*

*Ainsi qu'à tous mes amis de Touggourt.*

---

## LISTE DES FIGURES

Figure (1.1) : Cycle du fluide sur le site de forage.....	4
Figure (1.2) : Photo les bourbiers étanche avant l.....	12
Figure (1.3) : Photo les bourbiers après une opération de forage.....	13
Figure (2.1) : principe de fonctionnement de Verti-G.....	24
Figure (2.2) : L'Installation de fonctionnement de vortex (verti-G).....	25
Figure (2.3) : Schéma simplifié de l'unité de traitement par solidification stabilisation.....	25
Figure (2.4) : Photo les déblais après la solidification.....	26
Figure (2.5) : Présentation du mode de traitement thermique.....	28
Figure (2.6) : Photo le Distillateur à boue.....	33
Figure (2.7) : Photo Centrifugeuses.....	33
Figure (2.8) : Photo le rotavapor RII.....	34
Figure (2.9) : Photo le Spectrophotomètre d'absorption.....	34
Figure (2.10) : Photo montage de cellule avec le godet.....	35

---

---

## LISTE DES TABLEAU6

Tableau (1.1): les principales caractéristiques des huiles couramment utilisées.....	8
Tableau (1.2) : législations sur l'environnement en Algérie .....	15
Tableau (1.3) : les limites maximales des paramètres des rejets industriels.....	19
Tableau (2.1): Caractéristiques des boues bentonitique utilisées.....	22
Tableau (2.2) : Caractéristiques des boues à base d'huile utilisées.....	22
Tableau (2.3) : Caractéristiques de boue à base salée utilisée.....	22
Tableau (2.4): le volume des rejets pour chaque phase.....	22
Tableau (2.5): chaine de traitement mécanique.....	23
Tableau (3.1) : Teneur en hydrocarbures totaux avant et après traitement par solidification-stabilisation de borbier OMKZ 45.....	36
Tableau (3.2) : Concentration de certains métaux lourds avant et après traitement par la solidification-stabilisation OMKZ 45.....	37
Tableau (3.3) : Teneur en hydrocarbures totaux avant et après traitement par la désorption thermique indirecte de borbier que nommé MD518.....	38
Tableau (3.4) : Taux des métaux lourds avant et après traitement par désorption thermique indirecte de borbier MD 518.....	39

---

---

# Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

## CHAPITRE1: générales sur le forage, les fluides de forage et les bourbiers

1.1. Introduction .....	2
1.2. Historique du forage .....	2
1.3. Définition de forage pétrolier .....	2
1.4. Principe de forage rotary .....	2
1.5. Définition de fluide du forage .....	3
1.6. Rôle du fluide de forage .....	3
1.6.1. Nettoyage du puits .....	5
1.6.2. Maintien des déblais en suspension .....	5
1.6.3. Sédimentation des déblais fins en surface .....	5
1.6.4. Refroidissement et lubrification de l'outil et du train de sonde .....	5
1.6.6. Dépôt d'un cake imperméable .....	5
1.6.7. Prévention des venues d'eau, de gaz, ou d'huile .....	5
1.6.8. Augmentation de la vitesse d'avancement .....	5
1.6.5. Prévention du cavage et des resserrements des parois du puits .....	6
1.6.9. Entraînement d'outils (turbine, MWD, etc.) .....	6
1.6.10. Diminution du poids apparent du matériel de sondage .....	6
1.6.11. Apport de renseignements sur le sondage .....	6
1.6.12. Contamination des formations productrices .....	6
1.6.13. Corrosion et usure du matériel .....	6
1.6.14. Toxicité et sécurité .....	7
1.7. Types des fluides de forage .....	7
1.7.1. Boues à base d'eau.....	7

---

---

1.7.2. Boues à base d'huile .....	7
1.8. Composition des boues .....	10
1.9. Définition des bourbiers .....	12
1.10. Influences des bourbiers sur l'environnement : .....	13
1.11. Les ressources des bourbiers .....	13
1.11.1. L'activité de forage .....	13
1.11.2. Opération de production sur puits .....	14
1.12. Stratégie de l'état algérien et Sonatrach dans le domaine environnemental.....	15

## CHAPITRE2: Méthode et moyen utilisé

2.1. Introduction.....	21
2.2. Méthodologie de travail .....	21
2.3. Les travaux in situ.....	21
2.3.1. Les fluides de forage utilisés.....	21
2.3.2. Volume des bourbiers par mètre de terrain foré.....	23
2.3.3. Principes de traitement des rejets (bourbiers).....	23
2.3.4. Prélèvement.....	29
2.4. Les analyses laboratoires.....	29
2.4.1. Optimisations des quantités d'adjuvant.....	29
2.4.1.1. Optimisations des solidifiants.....	29
2.4.1.2. Optimisation des stabilisants.....	29
2.4.1.3. La teneur en l'huile.....	30
2.4.2. Résistance à la compression libre.....	30
2.4.3. La spectrophotométrie d'absorption atomique pour la rétention des métaux lourds..	31
2.4.4. La teneur en l'huile pour la méthode de traitement thermique.....	32
2.5. Appareillages utilisés dans laboratoire.....	32

---

---

---

## CHAPITRE3: résultats et discussion

3.1. Introduction.....	36
3.2. Résultats des analyses des échantillons des cuttings.....	36
3.2.1. Hydrocarbures totaux.....	36
3.2.2. Métaux lourds.....	37
3.2.3. Interprétation des Résultats.....	37
3.3. Résultats des analyses des cuttings avant et après traitement.....	38
3.3.1. Hydrocarbures totaux.....	38
3.3.2. Métaux lourds.....	39
3.3.3. Interprétation des Résultats.....	39
3.4. Comparaison entre les deux méthodes de traitement.....	40
Conclusion générale.....	42
Bibliographie.....	43

---

---

---

## **Introduction Générale :**

Le développement de l'industrie pétrolière a engendré beaucoup des 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. Peut-on arriver à trouver des solutions définitives pour ces rejets à partir d'une application du principe du forage sans bourbiers (0% décharge) donc pourquoi l'état algérien n'applique pas un tel principe ? 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 quatre chapitres, dans le premier chapitre nous présentons une description sur le champ de Hassi Messaoud et les caractéristiques géologiques et géographiques de ce champ. Dans le deuxième chapitre nous présentons un catalogue théorique concernant le forage pétrolier, les fluides de forage et les bourbiers. Le chapitre trois présente la méthodologie de travail et tous les moyens et les appareils utilisés pour le traitement et les équipements de laboratoire pour faire les analyses de l'évaluation de l'efficacité de ces techniques de traitement.

---



---

## Conclusion Générale

D'après les résultats obtenues au terme de cette étude, nous affirmons que les rejets pétroliers présentent des risques sur l'environnement à cause de leurs compositions qui passent 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).

D'après l'application des méthodes du traitement on constate que la méthode de solidification est efficace pour le piège des métaux lourds, par contre le traitement thermique est efficace pour la pollution des hydrocarbures (quelques traces).

D'après les résultats on constate que la méthode de solidification n'est pas une solution définitive (selon les forces des compressions libres et humidité qui peut dé piger les éléments toxiques donc c'est la filtration de ces éléments toxiques vers la nappe d'eau.

D'après s des études qui ont été réalisées par le centre de recherche et de développement de Sonatrach : La migration des métaux lourds dans les structures géologiques du sud d'Algérie ne dépasse Pas 6 mètre, mais la nappe d'eau dans cette zone est plus loin que cette valeur.

d'eau est plus proche de la surface, il est nécessaire d'applique la combinaison de solidification et le traitement thermique après l'application du forage sans bourbiers (0% d charge).

---

### 1.1. Introduction:

Les bourbiers sont le produit des activités industrielles et pétrolières, pcomprendre ces processus qui sont très compliqués et les diversifies, 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 .

### 1.2. 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 attaque 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 spendletop près de Beaumont (Texas).

### 1.3. 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

### 1.4. Principe de forage rotary :

La méthode rotary consiste à utiliser des trépan à dents tricône ou des trépan monoblocs comme les outils à diamant, sur lesquels on applique une force procurée par un poids tout en les entraînant en rotation. L'avantage de cette technique est de pouvoir injecter en continu un fluide au niveau de l'outil destructif de la formation pour emporter les débris hors du trou grâce au courant ascensionnel de ce fluide vers la surface la sonde de forage rotary est l'appareillage nécessaire à la réalisation des trois fonctions suivantes :

Poids sur l'outil;

Rotation de l'outil;

Injection d'un fluide

Ce sont les masses tiges qui vissées au-dessus de l'outil, appuient sur celui-ci ; ces masse tiges prolongées jusqu'en surface par des tiges, constituent la garniture de forage La totalité de la garniture de forage est percée en son centre afin de canaliser le fluide de forage vers l'outil, un joint rotatif étanche "tête d'injection" doit couronner la tige d'entraînement et permettre la liaison entre la conduite de refoulement des pompes de forage et l'intérieure de la garniture Un appareil de forage est nécessaire pour soutenir le poids de la garniture et manœuvrer celle-ci :c'est le rôle du derrick, du crochet de forage et du treuil.

1.5. 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, ... ) 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 Reid . 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 2.1). 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

1.6. Rôle du fluide de forage:

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

- 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.

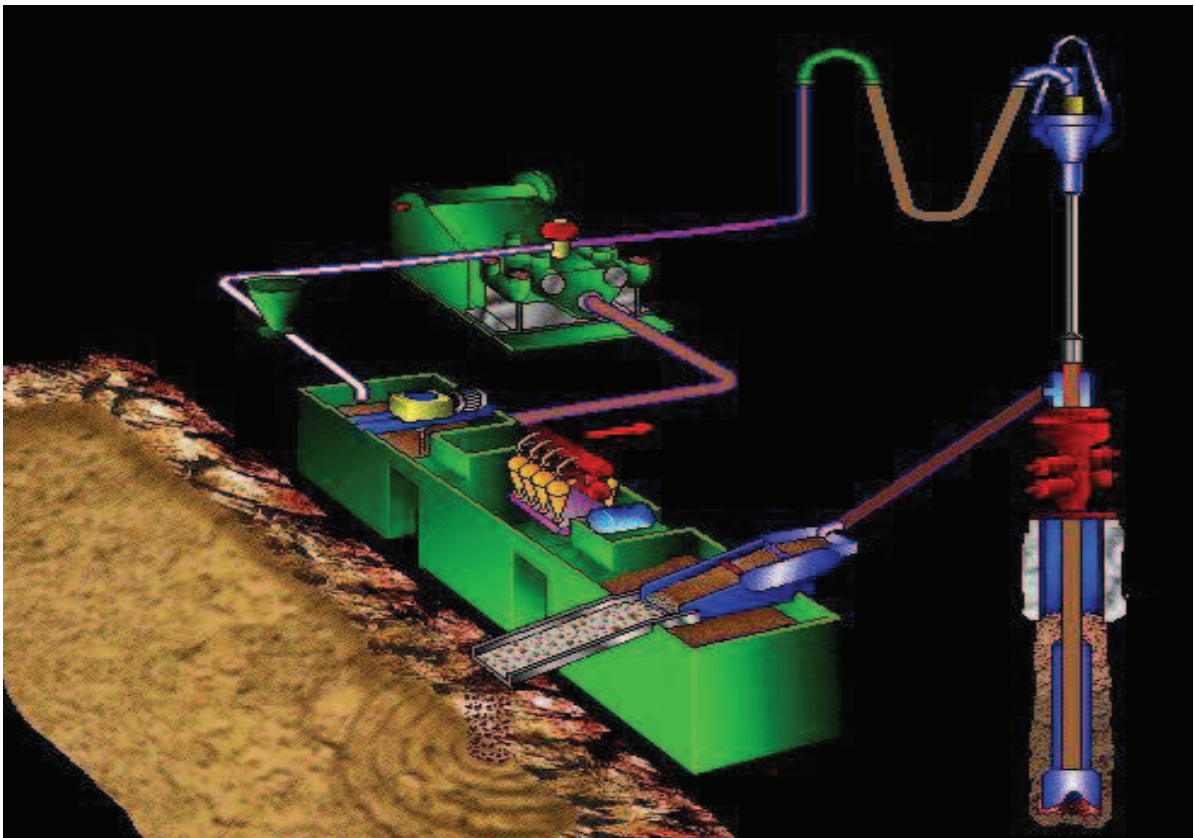


Figure (I.1) : Cycle du fluide sur le site de forage

#### 1.6.1. 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 ».

#### 1.6.2. 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.

#### 1.6.3. 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 laisser sédimenter les déblais fins en surface, afin de les éliminer. Bien qu'apparemment ces deux aptitudes semblent contradictoires, elles ne sont pas incompatibles.

#### 1.6.4. 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 l'échauffement 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.

#### 1.6.5. 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.

#### 1.6.6. 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, la 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.

#### 1.6.7. 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 les caractéristiques de la boue conditionnent les vitesses d'avancement instantanées, la durée de vie des outils, le temps de manoeuvre, 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.

#### I.6.8. 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.

#### I.6.9. 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 (colmatants).

#### I.6.10. Diminution du poids apparent du matériel de sondage :

Bien 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.

#### I.6.11. 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.

#### 1.6.12. 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.

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

#### 1.6.14. Toxicité et sécurité

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

#### 1.7. 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).

##### 1.7.1. 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 puit. 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 g/l 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 (attapulgite ou sépiolite), de colloïdes organiques (amidon), d'un fluidifiant minéral ou organique (chaux, soude).

##### 1.7.2. Boues à l'huile:

Nous classons dans cette catégorie les fluides de forage ou de complétion constitués d'une phase continue huile et d'une phase dispersée aqueuse, représentant quelques pour cent en volume seulement. Cela par opposition aux boues à émulsion inverse qui elles, peuvent avoir une phase aqueuse dispersée dépassant 50 % en volume.

L'huile de base constitue la phase liquide continue dans laquelle les autres constituants sont émulsionnés ou mis en suspension. Selon les contraintes de sécurité et environnementales, on utilise des huiles de différentes compositions allant de l'huile diesel à l'huile minérale désaromatisée.

tableau(1.1): les principales caractéristiques des huiles couramment utilisées

	Densité à 15°C	Point éclair	Point d'aniline	% d'aromatique
Diesel	0.840	65°C	68°C	25
EXXON Escaid 110	0.790	79°C	76°C	< 0,5
TOTAL HDF 2000	0.808	105°C	89°C	0,4
CONOCO LVT 200	0.806	93°C	74°C	< 1,0
TOTAL EDC 99	0,811	101 °C	80 °C	- 0 -

Stabilisateur d'émulsion :

Ces produits sont utilisés pour stabiliser l'émulsion eau-huile : ils entrent dans la composition de la plupart des boues à l'huile. Leur mode de fonctionnement a été décrit au paragraphe précédent. Ils diffèrent selon le type de boue mis en oeuvre et le pourcentage d'eau.

Réducteur de filtrat :

Principalement des asphaltes ou, lorsque les dérivés asphaltiques sont interdits, de la gilsonite, agissant comme support de cake.

Fluidifiants :

Le but de ces produits est de réduire la viscosité de la boue. Le premier et le plus simple est l'huile.



Alourdissants :

En pratique, on utilise comme pour les boues à base d'eau :

- carbonate de calcium pour les faibles alourdissements,
- sulfate de baryum pour les densités élevées,
- hématite pour les densités très élevées.

Produits spécifiques :

Citons la chaux, des viscosifiants pour faibles taux de cisaillement, etc.

Chaque type de boue faisant appel à des additifs différents, il est difficile de définir clairement un mode général de fabrication, d'entretien, et de traitement.

Ces précisions figurent sur les notices propres à chaque type de boue. Il est préférable de laisser la gestion de ce type de fluide à des spécialistes.

- ❖ Les principaux avantages des boues à l'huile sont les suivants :
- Contrôle aisé des caractéristiques en l'absence de venues d'eau ou de brut.
- Insensibilité aux contaminants habituels des boues à base d'eau (NaCl, CaSO<sub>4</sub>, ciment, argile).
- Excellentes caractéristiques de filtration statique en température et pression, cake très mince.
- Forage à densité inférieure ou égale à 1,00.
- Meilleur calibrage du trou.
- Réduction des frottements de la garniture sur les parois du puits ou diminution du couple de torsion et de l'usure de la garniture.
- Réduction des risques de bourrage d'outil et d'accumulation des déblais sur les drill-collars et diminution du "pistonnage" lors des manœuvres.
- Diminution du collage par pression différentielle.
- Meilleure récupération en carottage.

- Carottes sur lesquelles il est possible de mieux approcher la valeur de la saturation en eau et en huile.
- Augmentation par rapport au forage en boue à l'eau, de la productivité.
- Moindres dommages à la formation.
- ❖ Les principaux inconvénients des boues à l'huile sont les suivants :
  - Sensibilité à l'eau et à certains bruts.
  - Risque de sédimentation des alourdisants.
  - Manipulation salissante.
  - Risque d'incendie.
  - Détérioration des caoutchoucs ne résistant pas aux hydrocarbures.
  - Difficultés pour déceler la présence d'huile de formation dans les déblais.
  - Prix de revient au m<sup>3</sup> plus élevé que les boues à l'eau.
  - Logistique plus importante.
- Caractéristiques :
  - La boue à l'huile cause un minimum de dommages dans les couches productrices.
  - Elle possède des caractéristiques nécessaires au bon déroulement du forage.
  - Faible filtration.
- Domaine d'utilisation :
  - Forage et carottage des réservoirs
  - Reprises et entretien des puits producteurs.
  - Forage des zones difficiles en présence d'un fluide à base d'eau ( argile gonflantes, problème de coincement, etc...)

#### 1.8. 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.

- ❖ Coll des argileux
    - ✓ Les bentonites
    - ✓ Les attapulgites
  - ❖ Colloïdes organiques
    - ✓  $\alpha$ Amidons
    - ✓  $\alpha$ CM C (Carboxy M éthyl Cellulose)
  - ❖ Fluidifiants ou défloculants
    - ✓ Les polyphosphates
    - ✓ Les tanins
    - ✓ Les lignosulfonates
    - ✓ Les lignines chromées
  - ❖ Les additifs minéraux
    - ✓ Soude caustique(NaOH)
    - ✓ Carbonate de soude ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
    - ✓ Le gypse ( $\text{CaSO}_4$ )
    - ✓ Chaux éteinte ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )
    - ✓ Bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ )
  - ❖ Produits organiques spéciaux
    - ✓ Les anti- ferments
    - ✓ Les anti-mousses
    - ✓ Les anti-coincements
    - ✓ Les anti-corrosions
    - ✓ Les anti-bourrants
  - ❖ Alourdisant
    - ✓ Barytine ou sulfate de baryum ( $\text{BaSO}_4$ )
    - ✓ Le carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ )
    - ✓ La galène (PbS)
    - ✓ Hématite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )
  - ❖ Les colmatant
    - ✓ Colmatants organiques
    - ✓ Colmatants fibreux
    - ✓ Colmatants lamellaires
    - ✓ Colmatants gonflants
-

### 1.9. 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 majeure 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



Figure(1.2) :Photo de Bourbiers étanche avant le forage



Figure (1.3): Photo de Bourbiers après une opération de forage

#### 1.10. Influences 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 :

#### 1.11. Les ressources des bourbiers:

##### 1.11.1. 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 cours de forage, la contamination se traduit par le contact de deux fluides de caractéristiques rhéologiques 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.

#### 1. 11.2. 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 œ 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.

## I.12. Strategies d'état Algerians dans le domain environnemental

A propos de l'augmentation de l'activité industriels en Algérie surtout les industries pétrolières qui provoquent un grand problem sur l'écosystème d'état algerian et Sonatrach soulignent une strategies pour la protection de l'environnement à partir des legislations nationaux.

Tableau (1. 2): Legislations sur l'environnement en Algérie

Loi N°	Loi	Date de promulgation	Signé
Décret n°81-267	Relatif aux attribution du président de communal en matière de voirie, de salubrité et de tranquillité publique	10/10/1981	C. Benjedid
Décret n°83-03	Relatif à la protection de l'environnement	05/02/1983	C .Benjedid
Décret n°83-580	Portant obligation de signalement aux capitaines de navires transportant des marchandises dangereuses toxiques ou polluantes en cas d'événement en mer	22/10/1983	C .Benjedid
Décret n°84-378	Fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement des déchets solides urbains	15/12/1984	C .Benjedid
Décret n°88-228	Définissant les conditions, procédures et modalités d'immersion des déchets susceptibles de polluer la mer, effectuées par les navires ou aéronefs.	05/11/1988	C .Benjedid
Décret n°90-78	Relatif aux études d'impact sur l'environnement	27/02/1990	M. Hamrouche
Décret n°93-68	Relatif aux modalités d'application du texte sur les activités polluantes ou dangereuses pour l'environnement	01/03/1993	B. Abdesslem

Décret n°93-160	Réglementant les rejets d'effluents liquides industriels	10/07/1993	B. Abdesslem
Décret exécutif n° 93-161	Réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel.	10/07/1993	B. Abdesslem
Décret exécutif n° 93-162	Fixant les conditions et modalité de récupération et de traitement des huiles usagées.	10/07/1993	B. Abdesslem
Décret exécutif n° 93-163	Portant institution d'un inventaire du degré de pollution des superficielles.	10/07/1993	B. Abdesslem
Décret exécutif n° 93-164	Définissant la qualité requise des eaux baignade.	10/07/1993	B. Abdesslem
Décret exécutif n° 93-165	Réglementant les émissions atmosphériques de fumées, gaz, poussières , odeurs et particules solides des installation fixes	10/07/1993	B. Abdesslem
Décret exécutif n° 93-184	Réglementant les émissions de bruits	27/07/1993	B. Abdesslem
Décret exécutif n° 94-43	Fixant les règles de conservation des gisements d'hydrocarbures et de protection aquifère associés.	30/01/1994	R. Malek
Décret exécutif n° 94-279	Portant organisation de la lutte centre les pollutions marines st institution de plans d'urgence.	17/09/1994	M. Sifi
Décret exécutif n°	Complétant le décret exécutif n°93-165 du	01/04/2000	A. Benbtour



2000-73	10/07/1993 Réglementant les émissions atmosphériques de fumées, gaz, poussières, odeurs et particules solides des installations fixes		
Décret exécutif n° 01-09	Portant organisation de l'administration centrale de ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.	07/01/2001	A. Boutiflika
Loi n°01/19	Relatif à la gestion, au control et à l'élimination des déchets.	12/12/2001	A. Boutiflika
Décret exécutif n° 05-314	Fixant les modalités d'agrément des groupements de générateurs et/ou détenteurs de déchets spéciaux.	10/09/2005	A.OUYAHIA
Décret exécutif n° 05-315	Fixant les modalités de déclaration des déchets spéciaux dangereux.	10/09/2005	A.OUYAHIA
Décret exécutif n° 07-144	Fixant la nomenclature de l'installation classée pour la protection de l'environnement	19/05/2007	A.BELKHADEM
Décret exécutif n° 07-145	Déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement	19/05/2007	A.BELKHADEM

Certains volets de ces lois intéressent directement l'activité de forage pétrolier dans le sud. La loi 83-03, articles 130 et 131, définit, pour la première fois, la notion d'étude d'impact.

C'est un °outil de base pour la mise en oeuvre de la protection de l'environnement... " elle vise à faire connaître et évaluer les incidences directes et/ou indirectes... " sur l'équilibre écologique ainsi que sur le cadre et qualité de la vie de la population°.

Ainsi, " ... les études préalables à la réalisation de l'aménagement ou d'ouvrages qui par l'importance de leurs dimensions ou de leurs incidences sur le milieu naturel, peuvent porter atteinte à ce dernier, doivent comporter une étude d'impact permettant d'en apprécier les conséquences... ".

Après la loi 90-78 a été consacrée entièrement aux études d'impact sur l'environnement. Dans son article 2, il est dit : " sont soumis à la procédure préalable de l'étude d'impact, tous les travaux, aménagements ou ouvrages qui, par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences, peuvent directement ou indirectement, porter atteinte à l'environnement et notamment à la santé publique, à l'agriculture, aux espaces naturels, à la faune, à la flore, à la conservation des sites et monuments et à la commodité du voisinage... ".

Cette loi fait état, dans son annexe, d'une liste de projets dispensés de cette étude. le forage pétrolier n'en fait pas partie.

L'étude d'impact doit comprendre successivement :

1-une analyse de l'état initial du site et de son environnement portant, notamment, sur les richesses naturelles...

2-une analyse des effets sur l'environnement...

3- les raisons pour lesquelles le projet présenté a été retenu.

4-les mesures envisagées par le maître d'ouvrage ou le pétitionnaire pour supprimer, réduire et compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement.

Excepté BP, aucun autre opérateur pétrolier en Algérie, même pas la Sonatrach, n'a fourni d'étude d'impact de ses forages pétroliers sur l'environnement.

Le décret n° 93-160 est venu réglementer, quant à lui, les rejets d'effluents liquides industriels notamment avec l'institution de "contrôles périodiques et inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets", conduits par des "inspecteurs de l'environnement" habilités par les pouvoirs publics.

Cette même loi fixe les limites maximales des paramètres de rejet des installations de déversement industrielles (tableau (2.2)).

---

Tableau (1.3): les limites maximales des paramètres des rejets industriels .

Paramètre	Unité	Valeurs maximales
Température	/	30
Ph	/	5,5 à 8,5
Matière en suspension	/	30
DBO <sub>5</sub>	Mg/l	40
DCO	Mg/l	120
Azote	Mg/l	40
Phosphate	Mg/l	02
Cyanures	Mg/l	0,1
Aluminium	Mg/l	05
Cadmium	Mg/l	0,2
chromeIII	Mg/l	03
chromeVI	Mg/l	0,1
Fer	Mg/l	05
Manganèse	Mg/l	01
Mercure	Mg/l	0,01
Plomb	Mg/l	01
Cuiver	Mg/l	03
Zinc	Mg/l	05
Nickel	Mg/l	05
Huile et graisse	Mg/l	20
Hydrocarbures	Mg/l	20
Phénols	Mg/l	0,5
Slovants organiques	Mg/l	20

---

---

Chlore actif	Mg/l	01
PCB	Mg/l	0,001
Détergents	Mg/l	02
Tensionactif	Mg/l	10

Récemment, la loi 01-19, du 12/12/2001, a été promulguée en ayant pour objet de fixer les modalités de gestion, de contrôle et de traitement des déchets. L'article 6 de cette loi stipule que "tout générateur et/ou détenteur de déchets doit prendre les mesures nécessaires pour éviter autant que faire se peut, la production de déchets, notamment par: l'adoption et l'utilisation de technique de production plus propres, moins génératrices de déchets.

l'abstention de mettre sur le marché des produits générant des déchets non biodégradables.  
l'abstention d'utilisation de matières susceptibles de créer des risques pour les personnes, notamment pour la fabrication des emballages.

L'article 8 précise que "lorsque le générateur et/ou le détenteur de déchets est dans l'impossibilité d'éviter de générer et/ou de valoriser ses déchets, il est tenu d'assurer ou de faire assurer, à ses frais, l'élimination de ses déchets de façon écologiquement rationnelle, conformément à la disposition...".

D'autre part, cette loi définit les "déchets spéciaux dangereux" comme étant "tous déchets spéciaux (déchets issus de l'activité industrielle, agricole, de soin, de services, toutes autres activités, qui, en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes) qui, par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent, sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement"

Dans l'article 20 de cette même loi, il est dit : "le dépôt, l'enfouissement et l'immersion des déchets spéciaux dangereux dans des lieux autres que les sites et les installations qui leur sont réservés, sont interdits".

**2.1. 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.

**2.2. 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 trois méthodes de traitement qui sont le traitement mécanique, chimique et thermique et tout cela concernant le site de travail.

Ces travaux de terrain permettent de diagnostiquer les méthodes 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 chaque méthode seule. et puis on a transposé ces échantillons vers le laboratoire pour faire des analyses et extraire des résultats qui peuvent améliorer l'utilisation de ces méthodes.

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.

**2.3. Les travaux in site:**

Après les visites du chantier de forage de puits pétroliers ONM Z-313 nous enregistrons les informations suivant :

**2.3.1. Les fluides de forage utilisés :**

trois types des fluides de forage utilisés pour forer ce puits.

-boue de forage bentonitique : pour la phase 17"<sup>1</sup>/2

La profondeur forée durant cette phase, est de 468m.

La boue bentonitique présente les caractéristiques consignées dans le tableau (1.1)

**Tableau (2.1) :** Caractéristiques des boues bentonitiques utilisées

Densité	Bentonite(T/m <sup>3</sup> )	PH	Sol%	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Viscosité (Po)
1.06	85	11	4	2.2	5

-boue de forage à base d'huile : pour la phase 12<sup>n</sup>/4

La profondeur forée durant cette phase, est de 1861m.

La boue à base d'huile présente les caractéristiques consignées dans le tableau (3.2).

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

Densité	OBM50/50(T/m <sup>3</sup> )	PH	Sol%	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Viscosité (Po)
1.8	488	11.6	28	141	24

-boue salée saturée : pour la phase 8<sup>n</sup>/2

La profondeur forée durant cette phase, est de 980m.

La boue à base salée présente les caractéristiques consignées dans le tableau (3.3).

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

Densité	OBM50/50(T/m <sup>3</sup> )	PH	Sol%	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	Viscosité (Po)
2	317	8	35	145	32

### 2.3.2. Volume des bourbiers par mètre de terrain foré :

Le tableau (2.4): consigne le volume des rejets pour chaque phase

Phase	C (l/m)
17 <sup>n</sup> /2	155
12 <sup>n</sup> /4	76
8 <sup>n</sup> /2	36.5
6 <sup>n</sup>	18.2

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

### 2.3.3 principes de traitement des rejets (bourbiers)

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

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

Il existe une chaîne de traitement mécanique pour éliminer les déblais : tamis vibrant de différentes tailles, dessableur , centrifugeuse et verti-G (centrifugeuse verticale). Le tableau (3,6) consigne les différents diamètres obtenus par le traitement mécanique des déblais.

**Tableau (2.5):** chaîne de traitement mécanique

chaîne de traitement mécanique	Diamètre des déblais retient
Tamis vibrant	Diamètre grande
Dessableur	$74\mu\text{m} < \Phi < 200\mu\text{m}$
Dessilteur	$2\mu\text{m} < \Phi < 74$
centrifugeuse et verti-G	$< 2\mu\text{m}$

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 supérieur 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 leur 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 cuttinngs (teneur en huile > 22%) pour l'opération de TDU (Thermol disorption unit).

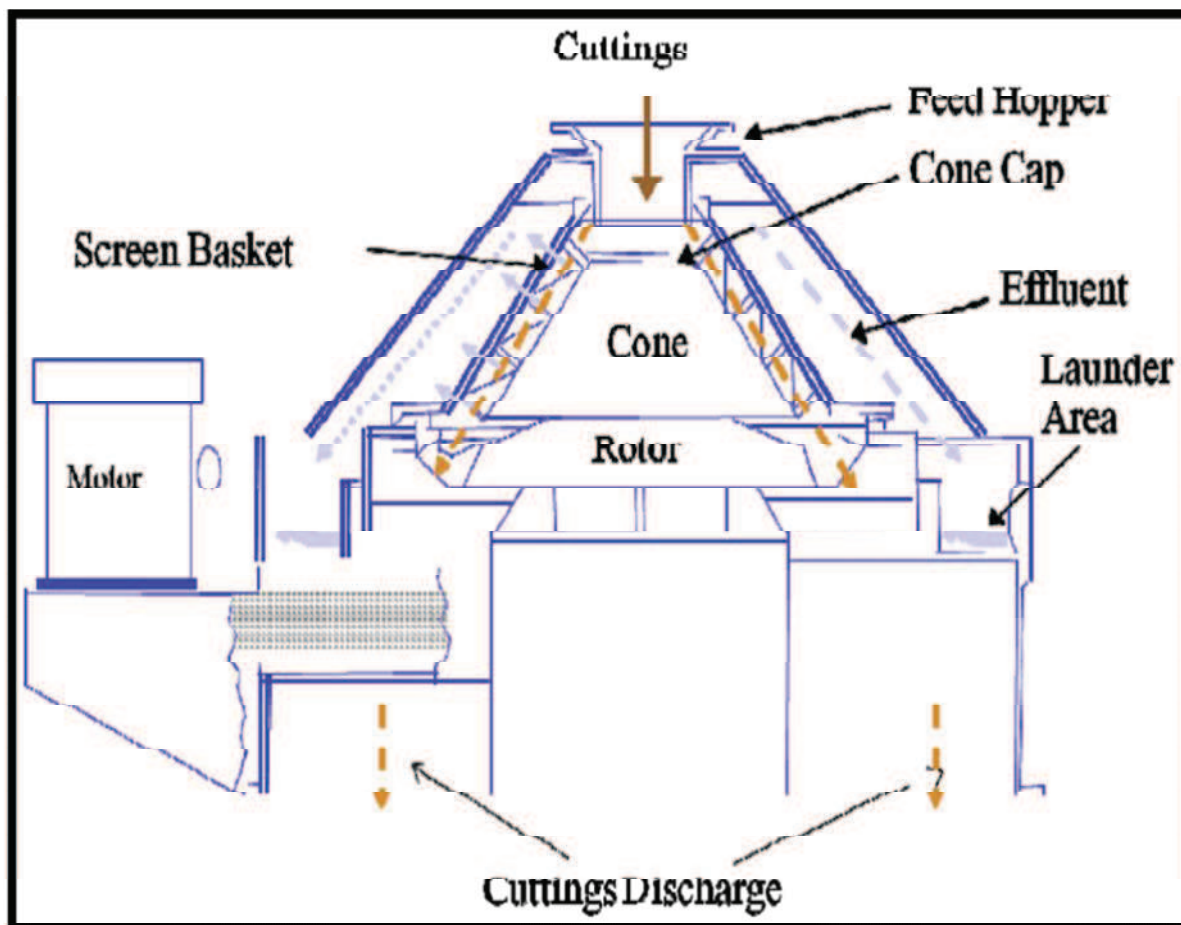


Figure (2.1): principe de fonctionnement de Verti-G



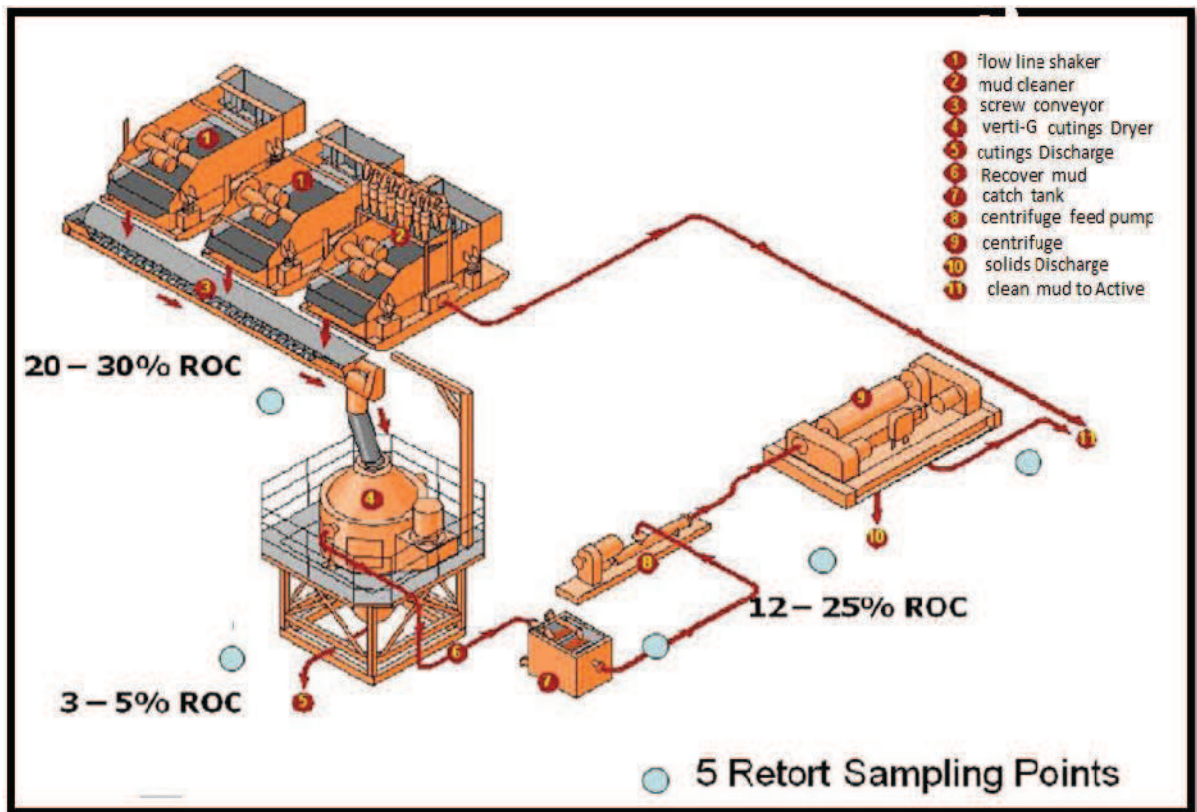


Figure (2.2):L'installation de fonctionnement de vortex (verti-G)[8]

#### b. procédé OFF-LINE (Traitement Chimique: Solidification-stabilisation)

La solidification / stabilisation (S/S) au ciment est une méthode souvent utilisée pour traiter, gérer et réutiliser en toute sécurité des déchets contaminés. Mise au point dans les années 1950, la technologie est largement utilisée aujourd'hui pour traiter déchets industriels dangereux et autres matières contaminées se trouvant dans ces derniers.

La S/S suscite un intérêt croissant dans le monde entier.

La S/S, qui consiste à incorporer du ciment Portland à la matière contaminée, protège l'environnement et la santé en immobilisant les contaminants dangereux dans la matière traitée. Le ciment réagit chimiquement avec l'eau dans la matière traitée, ce qui modifie ses propriétés physiques et chimiques de façon à stabiliser les constituants dangereux et empêcher qu'ils ne s'échappent dans l'environnement. L'attrait de la S/S tient au fait qu'elle peut être utilisée pour une vaste gamme de contaminants dans de nombreux types de matière contaminée.

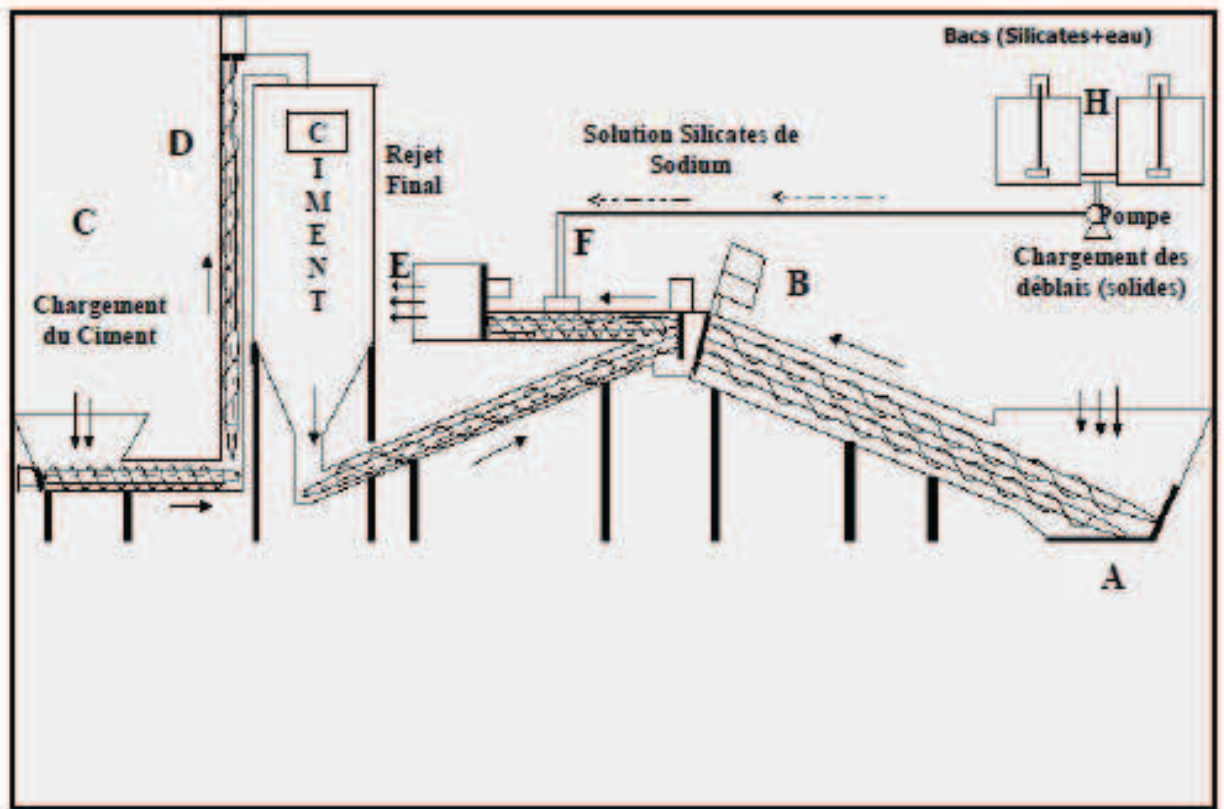


Figure (2.3) : Schéma simplifié de l'unité de traitement par solidification stabilisation

### -Description du processus de traitement

Les solides de vibrateur et du centrifugeuse sont évacués sur un corral ou fosse, puis chargés à malaxeur de capacité  $2.3 \text{ m}^3$ . Dans ce dernier, les cuttings et les floccs sont mélangés lentement avec du ciment afin de les stabiliser.

Pour rendre le mélange immédiatement inerte (encapsulation), en ajoute à l'un des deux mélanges une solution de silicate. Le dosage nécessaire en silicate est de 10 à 15 L par  $\text{m}^3$  de déblais. Sachant que la solution de silicate est préparée dans un bac spécial et ajoutée au mélange à l'aide d'une pompe.

Il faut tenir compte du fait que le dosage optimal pour rendre la boue inerte est basé sur la règle suivante :

Pour  $1 \text{ m}^3$  de déblais issues des boues à base d'huile, il faut 100 à 250 Kg de ciment. Alors que les cuttings issues des boues bentonitiques et des boues salées saturées il faut entre 100 à 150 Kg de ciment.

Par ailleurs, il a été remarqué que la prise du ciment est très lente au contact des huiles (boue à base d'huile) c'est pourquoi on ajoute du  $\text{CaCl}_2$  pour accélérer la prise. Le dosage nécessaire est 12.5 Kg du  $\text{CaCl}_2$  pour  $1\text{m}^3$  de solide. Le mélange est malaxé pendant un quart d'heure, puis déposé sur le site pour se sécher.



**Figure (2.4) :** Photo des déblais après la solidification

**c. procédé OFF-LINE: Traitement thermique (thermal desorption unit TDU, ou thermal phase séparation TPS) :**

Les techniques de traitement thermique emploient des températures élevées pour reprendre ou détruire les hydrocarbures qui souillent les rejets. Le traitement thermique est le traitement le plus efficace pour détruire les produits organiques, et il réduit également le volume et la mobilité des produits inorganiques tels que les métaux et les sels.

Un traitement additionnel peut être nécessaire pour les métaux et les sels, selon la destination finale des rejets. Les rejets à forte teneur en hydrocarbures (en général 10 à 40%), comme la boue à base d'huile, sont de bons candidats pour la technique thermique de traitement. Une unité de traitement thermique est généralement une installation fixe d'où la difficulté de son utilisation en ON-LINE pendant le déroulement des opérations de forage.

### - Description du processus de traitement

Les déblais sont déchargés dans un cône (hopper) puis transférés vers le four (drum) portés à une température de  $900\text{ C}^0$ . Après un certain temps les cuttings se transforment en cendre, en gaz et en poussière.

Les solides sont dirigés vers le pug mill pour refroidir et dégagés dans la nature à zéro décharge (0% oil).

Dans la deuxième sortie de four il ya un eau+huile+poussière qui sont passés à une ventilateur puis à un condenseur (échangeur de chaleur) pour récupérer les poussières pour le dégagement vers la nature.

Le reste (eau+huile) entre dans un séparateur oil/water. Donc on récupère l'huile pour deux choses, la première pour l' cimentation de four en énergie (gasoil). Et la deuxième pour une autre utilisation et l'eau est utilisée soit dans le pug mill pour le refroidissement. Ou soit pour une autre utilisation.

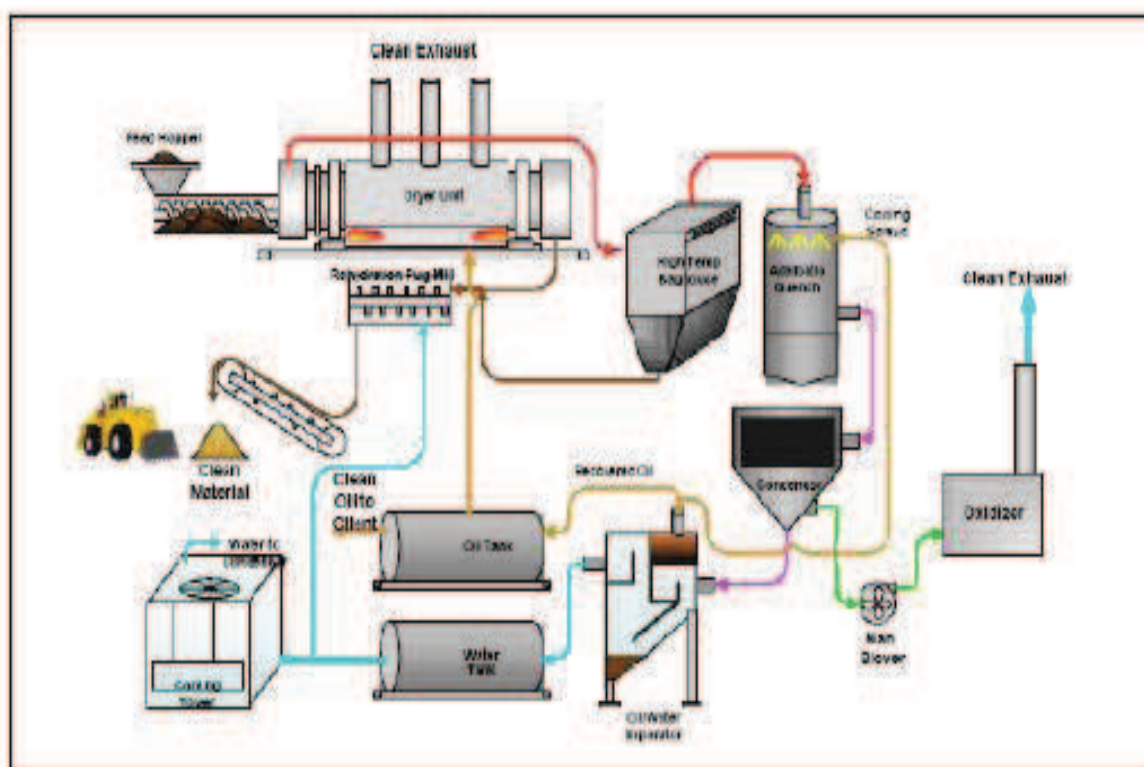


Figure (2.5): Présentation du mode de traitement thermique

Pour évaluer le degré de contamination des rejets et l'efficacité de ces méthodes de traitement, nécessaire de prélèvement des échantillons pour les analyses laborantines.

#### **2.3.4-Prélèvement:**

Lors du prélèvement de notre échantillon du borbier de puits ONM Z-313 nous avons pris le soin de creuser à différents endroits et profondeur, afin d'avoir un échantillon représentatif des cuttings de puits.

#### **2.4. Les analyse laborantines:**

Les analyses laborantines pour déterminer les valeurs optimums des quantités de ciment sable, le silicate et le carbone actif pour la méthode de solidification.

Pour cela il est nécessaire de l'application des étapes suivantes :

##### **2.4.1. Optimisations des quantités ajoutées :**

###### **2.4.1.1. Optimisations des solidifiant:**

###### **a. Le ciment :**

L'optimisation du ciment se fait par la variation de sa quantité ajoutée à chaque échantillon, tout en fixant un volume constant du silicate de sodium.

###### **b. Le sable :**

On procédé de la même manière que dans l'optimisation du ciment, mais cette fois, en fixant, un volume constant pour le silicate de sodium et la quantité optimale obtenue précédemment, pour le ciment.

###### **2.4.1.2. Optimisation des stabilisants:**

###### **a. L'encapsulant :**

Pour optimiser le silicate de sodium, nous faisons varier le volume ajouté à chaque échantillon en maintenant la quantité du ciment à sa valeur optimale. Le silicate de sodium que nous avons utilisé est sous forme de solution de concentration égale à 30%.

###### **b. Les adsorbants :**

De la même manière, nous fixons la quantité du ciment à sa valeur optimale et nous faisons varier la quantité du charbon actif.

### **c. Combinaison de l'optimum une fois du meilleur adsorbant et une autre fois de l'encapsulant avec les optimums du sable et du ciment:**

Nous avons optimisé précédemment la concentration des adsorbants et de l'encapsulant avec un seul agent de solidification à savoir le ciment. Dans cette étape le but voir, l'effet du sable sur la rétention de chaque stabilisant.

#### **2.4.1.3. La teneur en l'huile :**

##### **a. Mode d'emploi:**

La détermination du pourcentage massique de l'huile se fait à l'aide d'un distillateur à boue (Distillateur FANN). Pour parvenir nous procédons comme suit :

On désaccouple la celle, du godet qu'on remplit de notre échantillon à distillateur. D'autre part, on remplit a celle avec la laine de fer, En suite on visse le godet sur cette dernière. Une fois le couple godet-celle monté, on place le condenseur.

Après cette étape, on met le couple godet-cellule à l'intérieur de la chambre de chauffage et le condenseur à l'extérieur. Sous le tube de sortie du condenseur on place une éprouvette graduée pour récupérer le distillateur et on relie le distillateur à une source de courant appropriée. Lorsqu'il ne sort plus de liquide du condenseur, après 30 à 60 minutes environ, on coupe le courant et lisons le volume d'eau et d'huile.

##### **b. Evaluation du % massique de l'huile :**

Pour évaluer le pourcentage massique de l'huile nous devons convertir le volume de cette dernière (volume lu sur l'éprouvette

La différence entre la masse de l'éprouvette pleine et la masse de ce dernier vide nous donne la masse du distillateur, de la même manière, la différence entre la masse du godet plein et la masse de ce dernier vide nous donne la masse de la prise d'essais. Pour avoir la masse de l'huile il faut soustraire le volume d'eau de la masse du distillateur et par la suite calculer le rapport entre la masse de l'huile multipliée par cent et la masse de la prise d'essais. Le résultat ainsi obtenu est le pourcentage massique de l'huile au sein de notre échantillon

Masse de l'éprouvette pleine-masse de l'éprouvette vide = masse du distillat... .. (1)

Masse du distillateur- volume d'eau = masse de l'huile (volume d'eau = sa masse car sa densité est de 1)... .. (2)

Masse du godet plein- masse du godet vide = masse de la prise d'essais... .. (3)

$[(\text{Masse de l'huile} / (\text{masse de la prise d'essais})) \times 100 = \text{le \% massique de l'huile... (4)}$

### 2.4.2. Résistance à la compression libre :

Pour les matériaux de construction, les propriétés de perméabilité, durabilité résistance à la compression sont intimement liées (car fonction de la porosité capillaire), donc les mesures de la résistance à la compression (les plus faciles à réaliser) donnent des indications sur les 2 autres propriétés.

Pour les déchets solidifiés, la structure est beaucoup plus gélatineuse : les 3 propriétés ne sont plus liées, la résistance à la compression n'est plus directement liée à la porosité ni à la perméabilité du matériau. La relation durabilité - résistance à la compression est plus complexe, pour les déchets inertes, la durabilité augmente avec la résistance.

Le test de la résistance à la compression est réalisé sur des échantillons cubiques ou cylindriques.

Nos analyses ont été effectués sur des échantillons cubiques.

Les moules pour les cubes d'essais doivent être en acier ou en fonte avec des surfaces intérieures parallèles entre elles et surfacées à la machine. On ne doit pas utiliser des moules en bois.

Chaque moule devra reposer sur un socle métallique ajusté pour éviter les fuites. Il est essentiel de conserver le moule et le socle bien propres. Les deux devront être légèrement huilés pour éviter l'adhérence de l'échantillon cimenté sur les cotés. on ne doit pas forcer pour assembler les parois des moules.

Les échantillons tests devront être conservés à une température supérieure à 10 °C. Il est à noter que, l'échantillon avant traitement était friable, donc une résistance à la compression nulle. En faisant subir ce test à notre échantillon après traitement, on va pouvoir évaluer la solidification de notre déchet destiné à la décharge.

### 2.4.3. La spectrophotométrie d'absorption atomique pour la rétention des métaux lourds :

L'essai permet une extraction liquide-solide, après une opération de mise en contact de l'échantillon destiné à l'essai avec une solution aqueuse (25 g de l'échantillon dans 250 ml d'eau distillée acidifiée, (PH= 2,88), pour simuler la pluie acide). La mise en contact permet le passage des métaux lourds solubles dans la solution.

Cette opération est suivie d'une séparation ultérieure (filtration), permettant l'obtention d'un ou plusieurs éluents. Ces derniers sont analysés par la méthode de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA), qui permet de quantifier les concentrations des métaux lourds.

#### **2.4.4. La teneur en l'huile pour la méthode de traitement thermique :**

La détermination de concentration de l'huile se fait de la même manière que la méthode de solidification.

#### **2.5. Appareillages utilisés dans laboratoire:**

«**Distillateur API:** l'appareil utilisé pour la distillation des solides est un distillateur de technologie API (American Petroleum Institute). La température de distillation peut aller jusqu'à

800°C. Figure (2.6)

«**Centrifugeuse :** la séparation solide/liquide est obtenue à l'aide d'une centrifugeuse de type Megafuge 2.0, marque Heraeus. L'appareil permet d'atteindre des vitesses de 3500 tours/minutes pendant des durées de 45 minutes. Figure (2.7)

#### **Le Spectrophotomètre d'absorption atomique:**

Est un appareil de détermination de dosage des métaux lourds à partir de la phase liquide de l'échantillon étudié. Figure (2.9)

**le Rotavapor:** est un appareil utilisé pour la distillation des solides automatiquement (pour la confirmation). Figure (2.8)





Figure (2.6) : Photo Le Distillateur à boue



Figure (2.7) : Photo Centrifugeuses



Figure (2.8) : Photo Le rotavapor RII



Figure (2.9) : Photo Le spectrophotomètre d'absorption atomique.

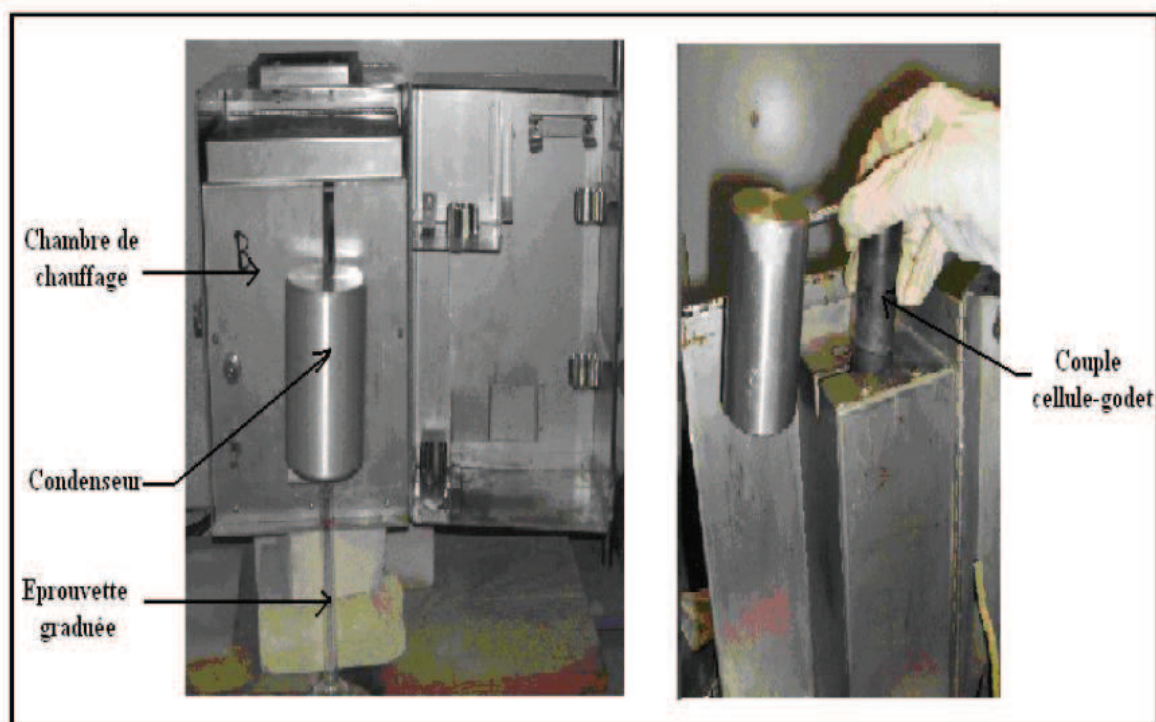


Figure (2.10) : Photo Montage de la cellule avec le godet

### 3.1. Introduction

L'étude est consacrée à mettre en évidence l'efficacité des deux méthodes : la solidification-stabilisation par le ciment en tant que liant hydraulique, et les silicates de sodium comme additif, et la désorption thermique indirecte à traiter les rejets du forage pétrolier.

### 3.2. Résultats des analyses des échantillons des cuttings avant et après traitement par la solidification-stabilisation:

#### 3.2.1 Hydrocarbures totaux:

Le tableau (3.1) regroupe les résultats d'analyse effectuée sur des échantillons Des déblais du forage pétrolier de bourbier OMKZ 45.

**Tableau (3.1) :** Teneur en hydrocarbures totaux avant et après traitement par la solidification-stabilisation de bourbier OMKZ 45.

Echantillons Paramètre	Echantillons 1		Echantillons 2		Echantillons 3	
	Avant traitement	Après traitement	Avant traitement	Après traitement	Avant traitement	Après traitement
Volume d'hydrocarbure recueilli (g)	14.0	2	12.5	0.79	9.32	1.89
Masse d'hydrocarbure exprime en (g)	6.62	1.92	7.88	0.92	7.31	1.86
Teneur en hydrocarbure totaux en (%)	7.04	1.92	4.4	0.92	7.31	1.86

### 3.2.2. Métaux lourds:

L'échantillon N° 01 subit des analyses par le spectrophotomètre d'absorption atomique pour déterminer le taux de certains métaux lourds, les résultats figurent dans le tableau

**Tableau (3.2) :** Concentration de certains métaux lourds avant et après traitement par la solidification-stabilisation OMKZ 45.

Echantillons1		Prélèvement 01 : Avant traitement	Prélèvement 02 : Après traitement
Paramètre			
Métaux lourds : Concentration en mg/kg (sur lixiviat)	Plomb(Pb)	150	3
	Cuivre (Cu)	17.00	3.5
	Cadmium (Cd)	10.00	10.00
	Zinc (Zn)	100.1	2.5
	Manganèse (Mn)	90.00	10.00

### 3.2.3. Interprétation des Résultats:

D'après les résultats des analyses, nous remarquons que le traitement par la méthode de solidification-stabilisation, on utilise le ciment et les silicates de sodium s'est avérée efficace pour encapsule les différent polluants (les hydrocarbures et les métaux lourds), et tous les résultats d'analyse après traitement par la solidification- stabilisation ne dépassent pas les limites adopté par Sonatrach pour la mise en décharge des déblais des forages pétroliers(par exemple l'échantillon 1 la teneur en hydrocarbure totaux avant traitement est de l'ordre de 1.92), d'ailleurs certains taux initiaux en hydrocarbures totaux ou bien en métaux lourds sont inférieurs aux normes appliquées (par exemple l'échantillon 2 la teneur en hydrocarbure totaux obtenu est 4.4%) (Voire tableau N° 03

Généralement, le problème ne se pose pas avec les métaux lourds qui sont faciles à stabiliser que par l'action du liant hydraulique qui est le ciment, et les valeurs avant traitement sont très faible (par exemple le Pb avant traitement est de l'ordre de 3 mg/Kg). Mais le problème réside dans la présence des hydrocarbures qui sont très difficile à stabiliser, et les retenir à l'intérieur de la matrice ciment, et qui par le temps fragilisent les caractéristiques mécaniques de la matrice, d'où l'utilisation des silicates de sodium pour remédier ce problème (BENKAOUKAOU, 2006).

Pour des contaminations multiples et complexes (le cas des rejets des forages pétroliers), il peut être parfois difficile de trouver la bonne formulation entre le ciment et les silicates de sodium (COLOMBANO et *al.* 2010).

### 3.3. Résultats des analyses des échantillons des cuttings avant et après traitement par la désorption thermique indirecte:

#### 3.3.1. Hydrocarbures totaux:

Le tableau (4.3), ° mettent en évidence les résultats d'analyses des échantillons des cuttings avant et après traitement de la désorption thermique indirecte.

**Tableau (3.3) :** Teneur en hydrocarbures totaux avant et après traitement par la désorption thermique indirecte de borbier que nommé MD518.

Echantillons Paramètre	Echantillons1		Echantillons2		Echantillons3	
	Avant traitement	Après traitement	Avant traitement	Après traitement	Avant traitement	Après traitement
Volume d'hydrocarbure recueilli en (g)	9.4	traces	7.5	0.5	9.5	0.2
Masse d'hydrocarbure exprime en (g)	7.52	traces	6.0	0.4	7.60	0.16
Teneur en hydrocarbure totaux en (%)	<b>7.52</b>	<b>traces</b>	<b>6.00</b>	<b>0.4</b>	<b>7.60</b>	<b>0.16</b>

### 3.3.2. Métaux lourds:

**Tableau (3.4) :** Taux des métaux lourds avant et après traitement par désorption thermique indirecte de borbier MD 518.

Paramètre		Echantillons	Prélèvement 01 : Avant traitement	Prélèvement 02 : Après traitement
Métaux lourds : Concentration en mg/Kg (sur lixiviat)		Plomb(Pb)	113.00	162.00
		Cuivre (Cu)	00	00
		Cadmium	1.00	1.00
		Zinc (Zn)	61.00	100.00
		Manganèse	35.00	45.00

### 3.3.3. Interprétation des Résultats:

D'après les résultats obtenus, nous constatons que le traitement par la désorption thermique indirecte a été très efficace pour l'élimination des hydrocarbures, d'ailleurs les résultats de l'analyse de notre échantillon après le traitement répondent parfaitement aux normes (inférieurs aux valeurs limites pour la mise en décharge des déblais des forages pétroliers) (Voire tableau N° 03) , et ce traitement peut aller à l'élimination totale des hydrocarbures contenus dans les déblais des forages pétroliers.

Les températures exercent dans les chambres de chauffage (généralement 500 C°), vaporise, puis séparer les hydrocarbures des cuttings contaminer, donc ces températures très élevés permettent l'élimination presque totale des hydrocarbures.

Par contre, nous remarquons après le traitement par la désorption thermique indirecte, une augmentation de la concentration des métaux lourds, notamment le Pb, le Zn, le Mn.

Donc ce type de traitement n'élimine pas les métaux lourds, et certain métaux dépassent les valeurs limites pour la mise en décharge des déblais de forages pétroliers.

Par exemple, le plombe (Pb), et d'après les résultats de l'analyse de Échantillon, indique une valeur supérieure à celle prise en considération par Sonatrache (la limite indique 100 mg/Kg), sachant que la concentration en Plombe après traitement est de l'ordre de 162 mg/Kg, nous citons aussi la concentration en Manganèse qui dépasse les normes qui est de 10 mg/Kg.

Nous notons aussi, la concentration initiale en certain métaux avant traitement était déjà inférieure aux normes appliquées.

La concentration en métaux lourds augmente après traitement par la désorption thermique indirecte, parce que les températures dans les chambres de chauffage, permettant l'élimination des hydrocarbures et l'eau des cuttings, donc le volume de ce dernier diminue, par conséquent les métaux lourds qui ne sont pas éliminés (généralement nécessite des hautes températures), leur concentration augmente proportionnellement. Par exemple la température nécessaire pour séparer le plomb aux cuttings est de l'ordre de 1560 C° (OUAHES et DEVALLEZ, 2002). Sachant que Les températures utilisées durant le traitement par la désorption thermique indirecte est de l'ordre de 500 C°.

### 3.4. Comparaison entre les deux méthodes de traitement

Nous constatons que le traitement par la désorption thermique indirecte est très efficace dans l'élimination des hydrocarbures totaux (dans certain cas aller à l'élimination totale), mais le problème dans ce type de traitement réside dans l'augmentation de la concentration métaux lourds après le traitement. Donc un traitement additionnel est recommandé en fonction de la finalité des rejets (BANSAL et SUGIARTO, 1999, *in* KHODJA, 2008).

Par contre le traitement par la solidification-stabilisation est très efficace pour stabiliser les métaux lourds, et aussi les hydrocarbures totaux, avec une certaine difficulté dans ce dernier, que leur présence par des taux élevés dans les cuttings traités. Cela pose des problèmes dans leur stabilisation et les retenir à l'intérieur de la matrice ciment Plusieurs chercheurs et organisations environnementales affirment que la durabilité de l'efficacité de traitement par la solidification-stabilisation est influé par les contraintes physiques du milieu, et avec le temps la matrice solide perd ses caractéristiques mécaniques, et les métaux lourds ne sont plus retenus (COLOMBANO et *al*, 2010).

D'autre part, lorsqu'on compare entre ces deux méthodes, il faut prendre en considération deux facteurs très importants qui sont : le coût et le temps de traitement. Cependant, le coût de traitement par la désorption thermique indirecte est plus élevé que le traitement par la solidification-stabilisation (200 voire 250 Dollars américain /m<sup>3</sup> de cutting pour la désorption thermique indirecte, et 100 Dollars américain /m<sup>3</sup> de cuttings pour la solidification-stabilisation) (MI-SWACO ALGERIA, 2012), nous signalons aussi, que la réhabilitation des sites pollués par les rejets des forages pétroliers, par la méthode de la solidification-stabilisation est plus rapide que celle de la désorption thermique indirecte, à cause de la facilité d'utiliser la méthode de solidification-stabilisation on-line (durant le forage pétrolier), et éviter le recours à des lieux de traitement hors site, donc éviter



le temps perdu.

D'autre part, ce traitement permettant d'avoir un volume des cuttings traités par jour supérieur à celui de la méthode de la désorption thermique indirecte qui nécessite un grand entretien des sous unités de traitement, et dépend essentiellement de l'état initial des déblais des forages pétroliers traités, et les émissions des gaz atmosphériques dans ce type de traitement reste un grand problème malgré l'utilisation de l'oxydateur thermique.

---

## Bibliographie

- [1]M. Kohodja, «Etude des performances et considérations environnements»,2008, Université Louis pasteur Strasbourg- France.
- [2]H. Askri, «Géologie de L'algerie », Contribution de SONATRACH Division Exploration, centre de Recherche et Développement et Division Petroleum Engineering and Développement, 2003.
- [10]M. CHKIREB «cour de la technologie du forage pétrolier, première année magister génie pétrolier», 2010.
- [3]A. Salimani, «forage pour non foreurs»,2003, Division forage, Département formation Sonatrach, septembre.
- [4] ENSPM (Ecole Nationale supérieur du pétrole et des Moteurs), Formation industrie Gisement forage, initiation au forage pétrolier ,1994.
- [5]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.
- [6](Catalogue d'utilisation d'équipement d'analyse des métaux lourds) CRD Hassi Massoud.
- [7]A. Hadj Abbas, «Les bourbiers des forages pétroliers et des unités de production», magister, 2011, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [8]NOV Brandlt (vortex dryer) 2011.
-

---

## **Résumé**

Le développement de l'industrie pétrolière dans la zone de Hassi Messaoud et les rejets qui sont résultés à cause des forages pétroliers et de l'exploitation des unités de la production, provoquent des grands problèmes sur l'éco-système. En ce cas l'état Algérien souligne une stratégie pour la dépollution de ces rejets à partir des méthodes mécaniques, chimiques et thermiques. Dans cette étude nous avons fait une étude sur l'efficacité de ces méthodes et nous avons proposé un principe de forage sans boues, ce dernier qui peut donner une solution définitive de la dépollution de ces rejets.

## **Abstract:**

The development of the oil industry in the area of Hassi Messaoud and discharges which are produced owing to oil drilling and operating units of production, causing major problems on the ecosystem. In this case, the Algerian state outlines a strategy for cleaning up these releases from mechanical, chemical and thermal. In this study we did a study on the effectiveness of these methods we proposed a principle without drilling mud holes, it can give a definitive solution to the remediation of these releases.

---