



UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA-BEJAIA  
FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DES MINES ET GEOLOGIE

## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Mines

Option : Exploitation Minière

*Présenté par*

M<sup>elle</sup> Bouhamida Hayat

M<sup>elle</sup> Hazedj Hafsa

Thème

*Techniques de forage et étude des caractéristiques de la boue dans les différentes phases à Hassi Messaoud (ONK 243) et à Gassi Touil (NZ26)*

Soutenu le 17 / 06 /2015 devant le jury composé de:

Président:

M<sup>eme</sup> Souici

Encadreur:

M<sup>eme</sup> Bounab

Examinatrice:

M<sup>eme</sup> Kicher

*Année Universitaire: 2014-2015*



## *Remerciements*

*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.*

*Que tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué par leurs conseils, leurs encouragements et leur assistance à l'aboutissement de ce travail, trouvent ici l'expression notre profonde gratitude.*

*Tout d'abord, nous tenons à remercier notre promotrice ; Madame Bounab, pour les efforts qu'il n'a cessé de ménager pour nous aider et nous orienter, jusqu'à la finalisation de ce modeste travail. Qu'il trouve ici le témoignage de notre grande reconnaissance, et notre jurée madame Souici et madame Kicher.*

*Nous exprimons notre reconnaissance à L'ingénieure de boue de MI-SWACO, pour avoir conseillé et pour la confiance qu'il nous a témoignée en nous accueillant au sein de son laboratoire pendant ces mois de travail.*

*Nous tenons à adresser nos remerciements au personnel du Sonatrach division forage 24 février a Hassi Messaoud et division production Gassi Touil et TP 223, pour leur aide indispensable.*

*Nous tenons aussi à remercier Chacun des membres du jury 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.*

# Dédicaces

*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.*

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

*Je voudrais dédier ce modeste travail à :*

*A ma très chère mère Anissa,  
A mon très cher père Nourddine,*

*A mes sœurs : Meriem, Safia, Fatima, Maissa, Wahiba,*

*A mes frères : Bachir, Ibrahim El khalil, Said Ali, Mohamed Mostafa, Anes  
Abed El kader,*

*Mes deux grands-pères et mes deux grands-mères*

*A mes oncles*

*A mes tantes*

*A Ahmed, Djamel, Miloud*

*Toute la famille BOUHAMIDA, ZERBANI et ma future famille OULED  
ABDALLAH*

*A mes proches grands et petits*

*A Hafsa, Ahlem, Halima, Fazia*

*Toutes mes amies*

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

**BOUHAMIDA HAYAT.**

# Dédicaces

*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.*

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

*Je voudrais dédier ce modeste travail à :*

*A ma très chère mère : fatima*

*A mon très cher père : ziyane*

*A mes sœurs : wahiba , zahra, asma , bouchra  
, ahlem, hakima, djamila, achora, soumaia, maria*

*A mes frères : omar, ossama*

*Mes deux grands-pères et mes deux grands-mères*

*A mes oncles*

*A mes tantes*

*Toute la famille : hazedje et agaibia*

*Toutes mes amies : hayat, ahlem, halima*

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

*Hazedje Hafsa*

# Sommaire

**Introduction générale.....01**

## ***Chapitre I : Situation géologique et géographique du champ Hassi Messaoud et Gassi Touil***

I.1. Introduction.....03

I.2.Champ Hassi Messaoud.....03

I.2.1.Situation géographique Du Champ HMD.....03

I.2.2.Situation géologique du champ HMD.....04

I.2.3.Historique de recherche du champ HMD.....04

I.2.5.Stratigraphie du champ HMD.....06

I.2.6.Tectoniques du champ HMD.....12

I.3.Champ Gassi Touil.....14

I.3.1.Situation géographique du champ GT.....14

I.3.2.Historique de recherche du champ GT.....15

I.3.3.Géologie du champ GT.....16

I.4.Conclusion.....20

## ***Chapitre II : Technique de forage et mode d'exploitation***

II.1.Introduction.....22

II.2.Mode d'exploitation.....22

II.3.Forage.....22

II.3.1.Techniques de forage.....23

II.3.1.1. Technique de battage.....	23
II.3.1.2. Technique de la circulation inverse.....	23
II.3.1.3. Technique MFT.....	24
II.3.1.4. Technique ODEX.....	24
II.3.1.5. Technique de Havage.....	25
II.3.1.6. Technique rotary.....	25
a)-Paramètres de forage Rotary.....	26
b)-Les avantages et les inconvénients de forage Rotary.....	26
c)-Les composantes d'un appareil de forage rotary.....	27
d)-les systèmes dans l'appareil de forage Rotary.....	30
II.4. Conclusion.....	34

### ***Chapitre III : les caractéristiques des boues de forage***

III.1. introduction.....	35
III.2. Généralité sur les boues de forage.....	35
III.2.1. Définition de boue de forage.....	35
III.2.2. Rôle des boues de forage.....	35
III.2.3. Type des boues de forage.....	38
III.2.4. Composition des boues de forage.....	39
III.2.5. Choix du type de boue en fonction du problème à traiter .....	44
III.2.6. Les équipements du traitement de la boue de forage.....	47
III.3. Conclusion.....	49

### ***Chapitre IV: Etude de cas de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et forage Gassi Touil (NZ-26)***

---

IV.1.Introduction.....	50
IV.1.2.Techniques et méthodes utiliser pou les caractéristiques de la boue.....	50
IV.2.1.Caractéristiques physiques.....	50
IV.2.1.1.Mesure de la densité.....	50
IV.2.2.Caractéristiques rhéologiques.....	52
IV.2.2.1.Viscosité Fann.....	53
IV.2.2.2.Viscosimètre Marsh.....	54
IV.2.2.3.Filtration (filtrat).....	54
IV.2.2.4.Stabilité électrique.....	55
IV.2.3.Caractéristiques chimiques.....	55
IV.5.1.Alcalinité PB.....	55
IV.5.2.Mesure de salinité (CL <sup>-</sup> ).....	56
IV.5.3.Dosage du calcium (Ca <sup>++</sup> ).....	56
IVI.3.Résultats et discussion.....	56
IV.3.1. Forage Hassi Messaoud (ONK 243).....	56
IV.3.1.1.La phase 26''.....	56
IV.3.1.2.La phase 16''.....	58
IV.3.1.3.La phase 12''1/4.....	60
IV.3.1.4.La phase 8''1/2.....	63
IV.3.1.5.La phase 6''.....	65
IV.3.2.Forage de Gassi Touil (NZ-26).....	66
IV.3.2.1.La phase 26''.....	67
IV.3.2.2.La phase 16''.....	68
IV.3.2.3.La phase 12''1/4.....	72
IV.3.2.4.La phase 8''1/2.....	74
IV.3.2.5.La phase 6''.....	76

IV.3.2.6.La réalisation de complétion.....	80
IV.4.Interprétation.....	81
<b>CONCLSION GENERALE.....</b>	<b>89</b>

**Bibliographie**

**Annexe I**

**Annexe II**

**Resumé**



## **LISTE DES FIGURES**

**Figure** **Page**

### **CHAPITRE I**

1- Situation géographique du HMD et Nezla .....	04
2- Carte de zone du HMD .....	05
3- Coupe stratigraphique type du champ HASSI MESSAOUD.....	11
4- Coupe stratigraphique type du champ Nezla (Gassi Touil).....	20

### **CHAPITRE II**

1- Les composants d'un appareil de forage rotary:.....	30
2- Système de mouflage .....	30
3- Top drive .....	31
4- Table de rotation .....	32
5- circuit de boue .....	32
6- Système de sécurité BOP .....	34

### **CHAPITRE IV**

1- Graphe de variation de la densité de boue dans les différentes phases de puits (ONK243) HMD .....	84
2- La yield point des différentes phases de puits ( ONK 243) HMD.....	85
3- les gels 10 sec/10 min dans les différentes phases de puits (ONK 243) HMD .....	85

4- Le rapport huile/eau dans les différentes phases ( ONK 243) HMD .....	86
5- stabilités électriques de différentes phases de puits (ONK 243) HMD .....	87
<b>6 -</b> La densité de boue de defférentes phases de puits (NZ-26) GT .....	87
<b>7-</b> La yield point de boue de différentes phases (NZ-26) GT .....	88

## *Liste des tableaux*

*Tab*

*Page*

### **CHAPITRE IV**

1 -La géologie de la phase 26'' de Hassi Messaoud .....	57
2-La composition de Boue de forage ONK 243 de la phase 26'' .....	57
3-propriété de la boue de forage ONK 243 de la phase 26'' .....	57
4-La géologie de la phase 16'' de Hassi Messaoud.....	58
5 - composition de boue de forage ONK 243 de la phase 16'' .....	59
6- propriété de la boue de forage ONK 243 de la phase 16'' .....	59
7 - La géologie de la phase 12''1/4 de Hassi Messaoud.....	60
8- composition de boue de forage ONK 243 de la phase 12''1/4.....	61
9-propriété de la boue de forage ONK 243 de la phase 12''1/4.....	62
10 - La géologie de la phase 8''1/2 de Hassi Messaoud.....	63
11- composition de boue de forage ONK 243 de la phase 8''1/2.....	64
12-Les propriétés de la boue de forage ONK 243 de la phase 8''1/2.....	64
13 - La géologie de la phase 6'' à Hassi Messaoud .....	65
14 - composition de boue de forage ONK 243 de la phase 6'' .....	66
15- Les propriétés de la boue de forage ONK 243 de la phase 6'' .....	66
16 – La géologie de la phase 26'' à NZ-26.....	67
17- les paramètres de l'outil de forage NZ-26 de la phase 26'' .....	68

<b>18</b> - les paramètres de boue de forage NZ-26 de la phase 26'' .....	68
<b>19</b> - Géologie de la phase 16'' à NZ-26.....	69
<b>20</b> - Paramètres de l'outil de forage NZ-26 de la phase 16'' .....	71
<b>21</b> - les paramètres de boue de forage NZ-26 de la phase 16'' .....	72
<b>22</b> - la géologie de la phase 12'' 1/4 de forage NZ-26.....	72
<b>23</b> - les paramètres de l'outil de forage NZ-26 de la phase 12'' 1/4.....	73
<b>24</b> - les paramètres de boue de forage NZ-26 de la phase 12'' 1/4.....	74
<b>25</b> - La géologie de la phase 8'' 1/2 à NZ-26.....	74
<b>26</b> - les paramètres de l'outil de forage NZ-26 de la phase 8'' 1/2.....	76
<b>27</b> - les paramètres de boue de forage NZ-26 de la phase 8'' 1/2.....	76
<b>28</b> - La géologie de la phase 6'' à NZ-26.....	77
<b>29</b> - les paramètres de l'outil de forage de NZ-26 de la phase 6'' .....	79
<b>30</b> - les paramètres de boue à la phase 6''NZ-26.....	80
<b>31</b> - les paramètres de boue de complétion de NZ-26.....	81
<b>32</b> - les paramètres de boue de complétion de NZ-26.....	84

## ***Liste des abréviations***

***BOP:*** (blow out preventers) système de sécurité

***CBL:*** Cement Band Logging

***DST:*** Drill Steam Test

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

***FV:*** Fun Viscosity

***GT :*** Gassi Touil

***GR :*** Gamma Rayon

***H/E:*** huile / eau

***HMD :*** Hassi Messaoud

***HP/HT :*** (Haute pression et haute température)

***LCM:*** (Lost Circulate Material) un produit colmatant

***MFT :*** marteau au fon de trou

***MPD:*** (Managed Pressure Drilling) forage avec pression dirigée

***MW:*** (Mud Weight) densité

**NZ** : Nezla

**OBM**: (Oil Based Mud) boue à base d'huile

**OOO** : (oil on cuttings) huile dans les déblais

**PV**: (plastic viscosity) viscosité plastique

**RI**: Réservoir Isométrique

**RA**: Réservoir Anisométrique

**R2** : Réservoir numéro 2

**R3** : Réservoir numéro 3

**RBP**: (Retrievable Bridge Plug) bouchon mécanique récupérable

**ROP**: (Rate OF Penetration) vitesse de pénétration

**RPM**: (Rotation Par Minute) rotation par minute

**SG**: Specific Gravity

**SPP**: Square pare pounds

**S/S** : (Stabilisation/solidification)

**TD** : (Top Depth) fond de puit

**VDL**: Variable Density Logging

**WBM:** (Water Based Mud) boue à base d'eau

**WOB:** (weight on bit) poids sur l'outil

**WOR:** (water oil Ratio) rapport huile eau

**YP:** Yield Point

## INTRODUCTION GENERALE

Le forage prend une part importante dans le développement du gisement et l'estimation des réserves pétrolières. Les problèmes rencontrés au cours des opérations de forage ont suscités un intérêt particulier de la part des compagnies pétrolières, des laboratoires spécialisés et de la communauté des chercheurs. En plus, du défi technique pour la résolution des problèmes, on note l'importance des facteurs économiques, dont le cout de forage rencontré peut être estimé à plus de 10% du cout moyen d'un forage.

Actuellement, les connaissances des propriétés rhéologiques et de filtrat des fluides de forage, sont d'une importance capitale pour la réussite de l'opération de forage, vont faciliter le passage de l'outil de forage à travers les différentes couches de la formation géologique.

La boue utilise dans le forage (ONK 243) à Hassi Messaoud, et forage (NZ-26) à Gassi Touil ; doit tout d'abord crée une pression hydrostatique permettant d'assure la stabilité des parois, forées et empêche les venues des fluides provenant des nappes souterraines traversées. Elle doit également forme un « cake », pour limiter la filtration vers les parois poreuse, et permettre de faire remonte à la surface les déblais de la roche broyée par le trépan, et assures leur maintien en suspension ; lors de l'arrêt des opérations de forage par sa capacité de former une structure tridimensionnelle au repos.

Durant les différentes phases de forage, des problèmes ou des incidente liés aux boues peut être rencontrées ; et suite à ces problème nous avons faire une étude sur les caractéristiques de la boue à base d'huile(OBM), et la boue à base d'eau(WBM). Qui traversé les différentes formations géologiques du puits (ONK 243) Hassi Messaoud, et puits (NZ-26) Gassi Touil. Exposant les avantages et les inconvénients de chaque boue, afin de choisir la bonne et la plus fiable permettant un forage avec plus de garanties possibles .

Notre mémoire est structuré de la manière suivante :

Après une introduction générales, l'étude bibliographique est développé dans les trois premier chapitre ; le premier chapitre traitera la situation géographique et géologique du champ de Hassi Messaoud et Gassi Touil; le deuxième chapitre sera consacré à l'étude des techniques de forage et modes d'exploitation en se basant sur la technique du forage rotary utilisée dans le forage (ONK 243) Hassi Messaoud et le forage (NZ-26) Gassi Touil ; le chapitre trois qui sera consacré sur les caractéristiques de la boue de forage. Le chapitre quatre sur l'étude du cas forage (ONK 243) à Hassi Messaoud et forage (NZ-26) Gassi Touil

avec une comparaison des différentes caractéristique de la boue, le chapitre cinq sur le traitement de borbier et nous terminons notre travail par une conclusion générale et recommandation.



### **I.1. Introduction :**

Le champ de Hassi Messaoud représente l'un des champs les plus complexes du monde. Durant l'histoire géologique, ce champ a subi d'une part une évolution tectonique intense caractérisée par des phases compressives et distinctives. D'autre part, par la transformation dia-génétique dans le réservoir lors de son enfouissement au cours du temps géologique, jusqu'à ce que le gisement a pris forme tel que représentée par la configuration actuelle. Ces événements peuvent quelques fois améliorer les paramètres pétro-physiques comme ils peuvent les détériorer.

### **I.2. Champ Hassi Messaoud :**

#### **I.2.1. Situation Géographique du Champ :**

Le champ de Hassi Messaoud est situé à 850Km au Sud Est d'Alger, à 350Km de la frontière tunisienne et à 80 Km à l'Est de Ouargla. [1]

Il est encadré par les latitudes 31°30' et 32°00' Nord et les longitudes 5°40' et 6°20' Est, sa superficie est de 4200 Km<sup>2</sup>.

Sa localisation en coordonnées Lambert sud Algérie :

X= [790.000-840.000] Est.

Y= [110.000-150.000] Nord.

Le paysage de la région est constitué des ergs et des regs, le climat est désertique montrant de fortes variations de température entre jour et nuit. [1]

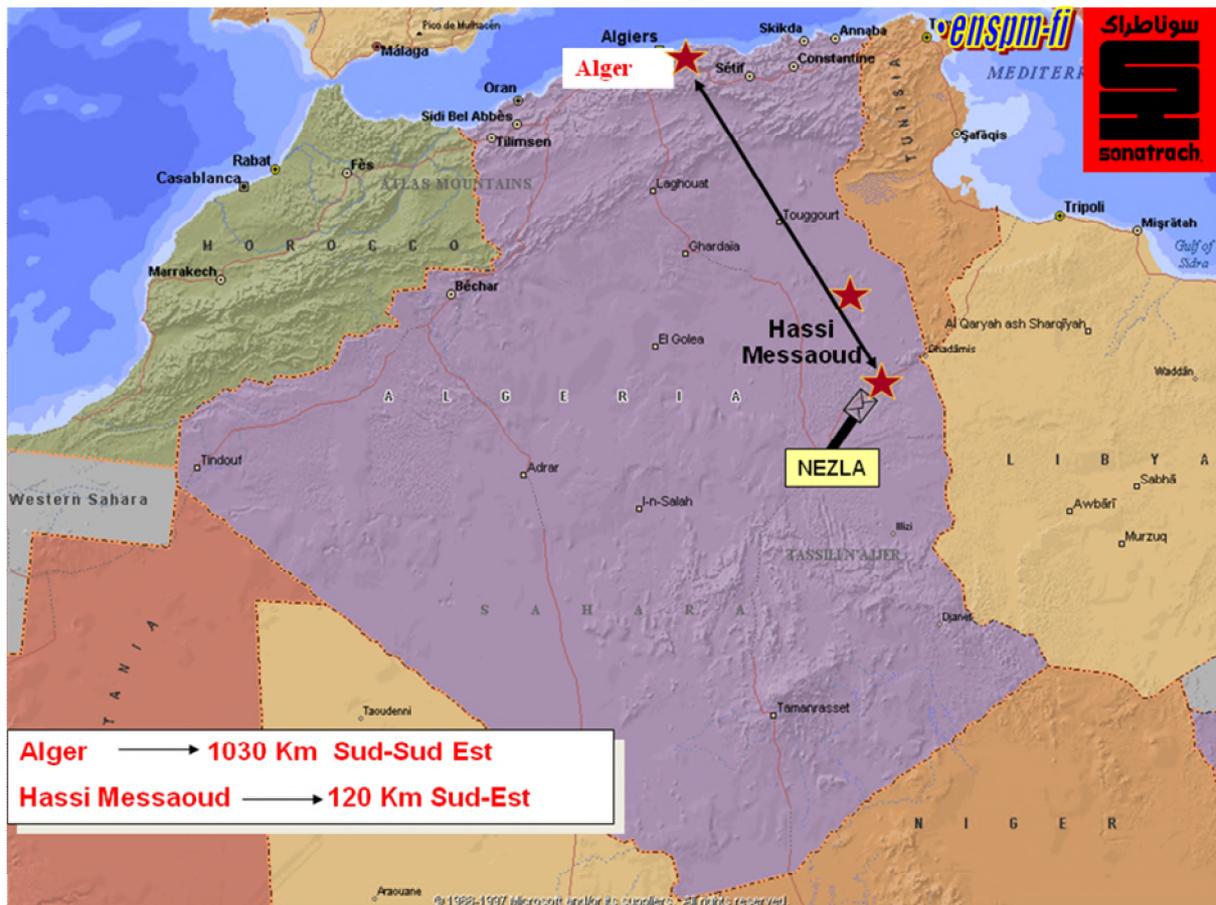


Figure I.1: Situation géographique du HMD et Nezla (division production Sonatrach)

### 1.2.2. Situation Géologique du Champ :

Le môle de Hassi Messaoud est le résultat d'une histoire paléo tectonique assez compliquée, c'est le prolongement de la dorsale d'Amguid El Biod de plus de 800 km de long. Sa structure fait partie d'un ensemble de structures formant la province triasique Nord orientale. Limitée au Nord par la structure D'jamaâ-Touggourt, à l'Est par la dépression de Berkine, à l'Ouest par la dépression d'Oued Mya, au sud par le horst d'Amguide El-Biod. [2]

### 1.2.3. Historique de recherche du champ Hassi Messaoud:

Le gisement de Hassi Messaoud a été découvert suite à une campagne sismique de réfraction. Le 15 Janvier 1957, le premier forage MD1 a mis en évidence de l'huile à 3338 mètres de profondeur dans les grès du Cambrien.

En Mai 1957 et à 7 km au Nord / Nord-Ouest de MD1, le forage OM1 foré par la C.F.P.A confirmait l'existence d'huile dans les grès du Cambrien.

La partie Sud de la concession sur laquelle se trouve le champ, a été octroyé à la SNREPAL et celle du Nord à la CFPA.

Actuellement le champ est divisé en 25 zones de production. Ces zones sont relativement indépendantes et correspondent à un ensemble de puits communiquant entre eux et se comportant de la même manière de point de vue pression de gisement. [3]

#### I.2.4. Zones et numérotation des puits :

Actuellement le champ est divisé en 25 zones de production (Figure I.2). Ces zones sont relativement indépendantes et correspondent à un ensemble de puits communiquant entre eux mais pas avec ceux des zones voisines, et se comportent de la même manière de point de vue pression de gisement. Il est important de noter que la subdivision actuelle n'est pas satisfaisante car une même zone peut être divisée en sous zones. Le champ de Hassi Messaoud est divisé d'Est en ouest en deux parties distinctes : Le champ sud et le champ Nord, chacun a sa propre numérotation. [3]

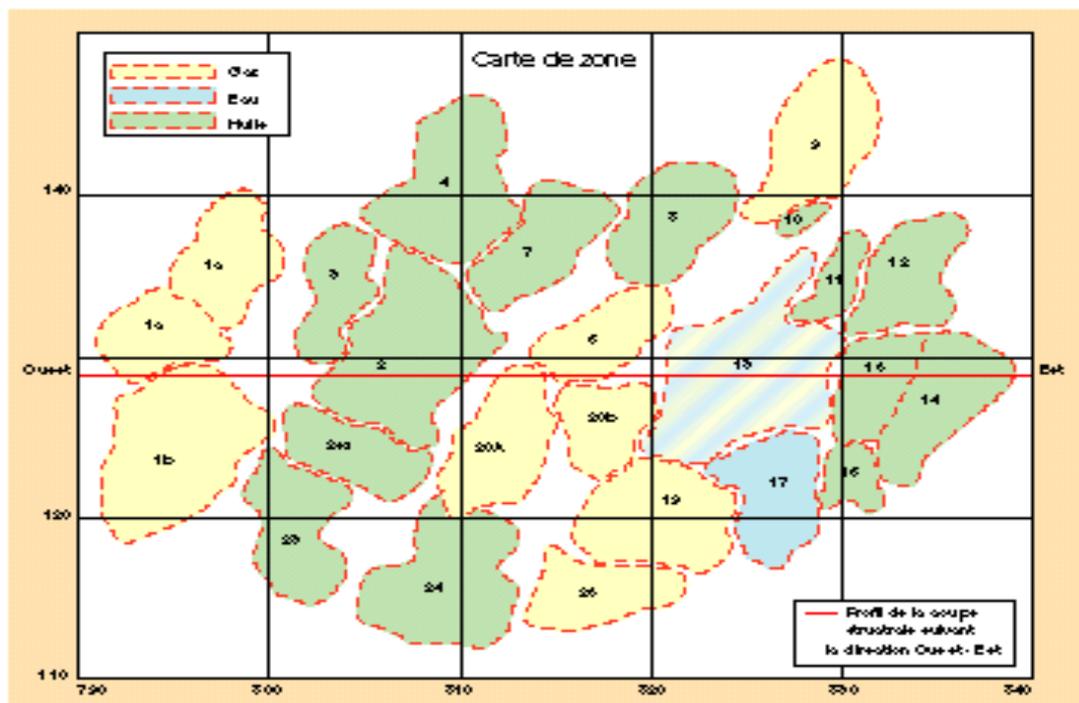


Figure I.2 : Carte de zone du Hassi Messaoud (division forage Sonatrach)

### **I.2.5. STRATIGRAPHIE DU CHAMP Hassi Messaoud :**

[2] Sur la dorsale de Hassi Messaoud une bonne partie de la série stratigraphique est absente. Ce sont les dépôts du Paléozoïque reposant sur un socle granitique, qui ont été érodés au centre de la structure au cours de la phase hercynienne.

De ce fait les dépôts mésozoïques reposent en discordance sur le Cambro-Ordovicien. En allant vers la périphérie du champ, la série devient plus complète.

De la base au sommet on distingue:

#### **I.2.5.1. Le Socle:**

Rencontré aux environs de profondeur de 4000 mètres, il est formé essentiellement de granite porphyroïde rose.

#### **I.2.5.2. Le Paléozoïque:**

Sur le socle, les formations paléozoïques reposent en discordance ; c'est la discordance panafricaine. De la base au sommet on distingue:

##### **A) L'infra-Cambrien :**

C'est l'unité lithologique la plus ancienne rencontrée par les forages de la région notamment au Nord de la structure. Il est constitué de grès argileux rouge.

##### **B) Le Cambrien :**

Essentiellement constitué de grès hétérogènes, fins à très grossiers entrecoupés de passées de siltstones argilo-micacés. On y distingue trois (3) Lithozone R1 (Ra + Ri), R2 et R3.

##### **1) Lithozone R3 :**

Son épaisseur moyenne est de 370 mètres. Il se compose de grès, feldspathiques et micacés à grains moyens à très grossiers conglomératiques à la base, à ciment argileux abondant, admettant des passées de grès ferrugineux et d'argile silteuse.

##### **2) Lithozone R2 :**

Son épaisseur moyenne est de 100 mètres. Il se compose de grès moyen à grossier micacés, mal classé, à ciment argileux assez abondant et admettant des intercalations de siltes. Les stratifications sont souvent obliques.

**3) Lithozone Ra :**

Son épaisseur moyenne est de 125 mètres. Il se compose de grès à grès quartzites anisométrique moyens à grossiers, à ciment argileux et siliceux, admettant de nombreux passées de siltes centimétrique et décimétriques. Les stratifications sont souvent obliques à entrecroisées, par fois horizontales. Les Tigillites sont présentes dans la partie supérieure de la série. L'ensemble du Ra a été érodé au centre du champ.

**4) Lithozone Ri :**

Son épaisseur moyenne est de 42 mètres. Il se compose de grès quartzitique isométrique fin bien classé glauconieu à ciment argileux et siliceux, avec une présence abondante de Tigillites.

**C) L'Ordovicien :**

On distingue de la base au sommet quatre (4) unités lithologiques.

**1) Zone des alternances :**

Son épaisseur moyenne est de 20 mètres. Désignée ainsi en raison de la présence de nombreuses passées d'argiles indurées alternantes avec des bancs quartzites fins isométriques.

**2) Argile d'El Gassi :**

Son épaisseur moyenne est d'environ 50 mètres. Cette formation est constituée d'argile schisteuse, indurée présentant une couleur verte à noire, rarement rouge. Cette argile peut être glauconieuse ou carbonatée présentant une faune (graptolites) indiquant un milieu de dépôts marins. Cette formation est surtout rencontrée sur les zones périphériques du champ.

**3) Les grès d'El Atchane :**

Son épaisseur moyenne varie de 12 à 25 mètres. Cette formation est constituée de grès fin à très fin, de couleur gris-beige à gris-sombre. Ce grès peut être argileux ou glauconieu admettant de nombreuses passées argileuses et silteuses.

**4) Les quartzites de Hamra :**

Son épaisseur moyenne varie de 12 à 75 mètres. Ce sont des grès quartzitiques fins, à rares intercalations d'argiles.

**I.2.5.3. Le Mésozoïque:**

Il est subdivisé comme suit :

**A) Le Trias :**

Il repose en discordance sur le Cambrien, au centre et sur l'Ordovicien aux flancs de la structure. Il est subdivisé en trois (3) unités:

**1) Trias-Gréseux :**

Son épaisseur varie de 0 à 75 mètres. Il constitue le premier remplissage du relief paléozoïque, et se subdivise en plusieurs unités qui se différencient par leurs lithologies et leurs réponses diagraphiques, accompagné par des coulées éruptives.

**2) Trias Argileux :**

Son épaisseur moyenne est de 113 mètres. Il est constitué d'argiles plus ou moins silteuses, brun rouge à bariolées, dolomitiques et anhydritiques avec des intercalations de banc de sel au sommet.

**3) Trias Salifère :**

Son épaisseur moyenne est de 340 mètres. Il est constitué de banc de sel massif présentant au sommet des intercalations d'anhydrite et des bancs d'argiles légèrement silteuses et dolomitiques.

**B) Le Jurassique :**

Son épaisseur moyenne est de 844 mètres. Le Jurassique est un ensemble argilo-gréseux à intercalations de calcaire au sommet (Malm) et à alternances de faciès lagunaires et marins à la base (Dogger et Lias).

**1) Le Lias :**

Son épaisseur moyenne est de 300 mètres. Le passage du Trias au Lias est caractérisé par une zone de marne dolomitique connue sous le terme de l'horizon B qui est un repère sismique. Le Lias est subdivisé en cinq (5) niveaux bien distincts s'intercalant entre eux sur toute l'épaisseur.

**2) Le Dogger :**

Son épaisseur moyenne est de 320 mètres. Le Dogger est subdivisé en deux (2) formations, le Dogger lagunaire à la base et le Dogger argileux au sommet.

**3) Le Malm :**

Son épaisseur moyenne est de 225 mètres. Il est caractérisé par les dépôts d'argiles et de marne avec des intercalations des bancs de calcaire et dolomie accompagnés de quelques traces d'anhydrite.

**C) Le Crétacé :**

Son épaisseur moyenne est de 1620 mètres. Il est constitué de sept étages ,de la base au sommet on distingue :

**1) Le Néocomien :**

Son épaisseur est de 182 mètres. Il comprend deux niveaux, à la base un terme gréseux constitué de grès et de quelques passées d'argiles avec des passées de grès, au sommet un terme argileux représenté par des argiles avec nombreuses intercalations de calcaire et de dolomie.

**2) Le Barrémien :**

Son épaisseur moyenne est de 280 mètres. Il est formé de grès fins à moyens carbonatés à plages d'anhydrite, alternant avec des niveaux d'argile gréseuse et dolomitique .

**3) L'Aptien :**

Son épaisseur est de 25 mètres. Il est représenté par deux bancs dolomitiques encadrant un niveau argileux. La limite Aptien-Barrémien coïncide avec la barre calcairo-dolomitique qui représenté un bon repère sismique.

**4) L'Albien :**

Son épaisseur moyenne est de 350 mètres. Constitué de grès et sable fin , avec des intercalations d'argile silteuse , il représente une immense nappe aquifère.

**5) Le Cénomaniien :**

Son épaisseur moyenne est de 145 mètres. Alternance d'anhydrite et d'argile rouge-brune, de marnes grises et de dolomie. La limite Cénomaniien-Albien coïncide avec le passage des séries évaporitiques aux séries plus gréseuses de l'Albien.

**6) Le Turonien :**

Son épaisseur moyenne varie de 70 à 120 mètres .Alternance de calcaire argileux, calcaire dolomitique et calcaire crayeux; Au sommet apparaissent les bancs de calcaire. Le Turonien présente une nappe d'eau salée.

**7) Le Sénonien :**

Son épaisseur moyenne est de 450 mètres .A la base , une série lagunaire présentant des bancs massifs de sel et des alternances d'anhydrite , dolomie et d'argile grise , au sommet une série carbonatée présentant des bancs de calcaire dolomitique argileux et des bancs d'anhydrite .

**I.2.5.4. Le Cénozoïque:**

Son épaisseur moyenne est de 360 mètres. Il est constitué de calcaire dolomitique à l'Eocène et d'un recouvrement de type sableux au Miopliocène.

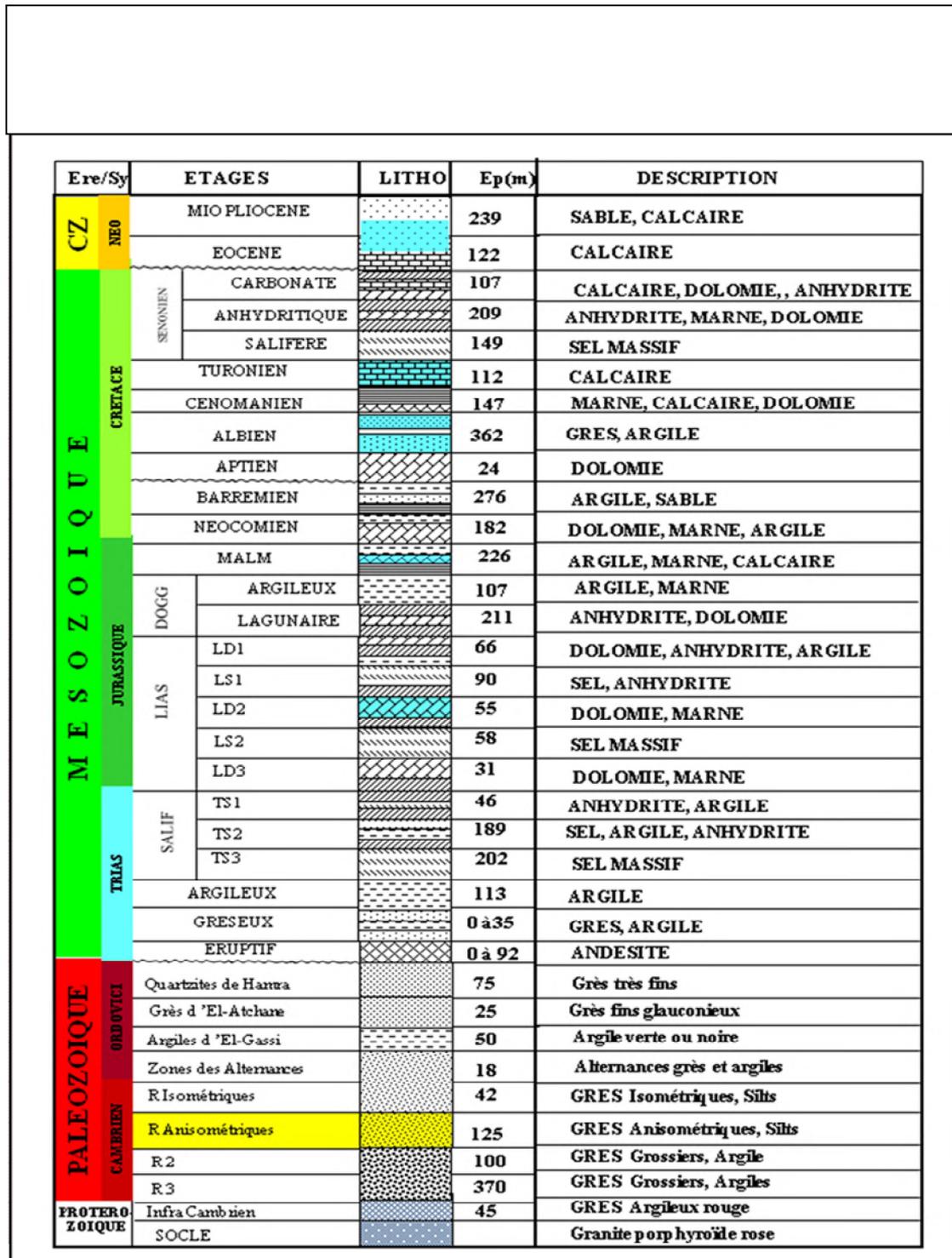


Figure I.3:Colonne stratigraphique type du champ Hassi Messaoud (division forage Hassi Messaoud)

### **I.2.6. Tectonique du champ:**

[3] La structure du champ de Hassi Messaoud se présente comme un vaste dôme anticlinal aplatit de direction générale Nord-Est / Sud-Ouest. Les accidents affectant le réservoir sont de deux types :

- Les failles de direction subméridienne Nord-Nord-Est / Sud-Sud-Ouest ainsi que d'autres failles qui leur sont perpendiculaires de direction Nord-Ouest / Sud-Est, ceci fait ressortir le caractère tectonique en Horst et Graben.

- Les cassures sans rejets qui ont eu un grand effet sur la fracturation du réservoir.

L'évolution structurale du gisement, est le résultat de plusieurs phases tectoniques dont on peut les résumer chronologiquement par :

#### **I.2.6.1. Structuration Antétriasique:**

Le gisement se localise sur le prolongement du môle d'El Biod. Ce dernier, dépassant les 800 kilomètres de longueur, a un aspect caractéristique de la structuration saharienne ("HEVBROEK"). Cette structure a subi plusieurs contraintes orogéniques. D.MASSA M.MUHLAND et J.TOUVENIN ont fait une étude structurale détaillée sur le champ Nord de Hassi Messaoud et ont résumés la chronologie structurale comme suit :

#### **A- La phase Eo-Calédonienne précoce (Anté-Tramadocienne) :**

Datée environ 500 MA, cette phase intervient à la fin de dépôts du réservoir anisométrique Ra, elle est prouvée par la transgressivité des grès isométriques, connue sur les flancs de la structure prouvant ainsi le début d'une structuration ; à cette époque plus tard il s'est produit une structuration tardive cambrienne avec érosion et failles s'établissant déjà, suivant une direction Nord-Est / Sud-Ouest avec des coulées volcaniques.

#### **B- La phase Calédonienne majeure :**

Datée environ de 400 Ma, Cette phase est régionalement connue par l'absence de sédiments ; du Dévonien et du Carbonifère dans toute la surface du haut fond d'El Biod. Il est à noter qu'une hypothèse de non dépôts, est plus favorable que celle de l'érosion hercynienne, et cela est fait que les faciès remaniés a la base du Trias gréseux, proviennent du Cambro-Ordovicien, cette phase a débuté du Silurien ou du Dévonien inférieur (MASSA - NICOL - 1971).

### **C- La phase Hercynienne :**

Datée environ de 225 à 250 MA, cette phase est d'une importance considérable, à l'échelle régionale et particulièrement à Hassi Messaoud, elle est responsable de la direction d'ensemble Sud-Ouest / Nord-Est de la structure actuelle, ceci est prouvé par la série triasique gréseuse, avec 150 m d'épaisseur supplémentaire entre les flancs et le top du gisement, qui a joué le rôle de série de comblement. L'importance du bombement, est soulignée par l'érosion de toute la couverture paléozoïque, et par la disposition radiale des grandes vallées de creusement ou vallées hercyniennes.

#### **I.2.6.2. Structuration Post-Triasique:**

Les structurations post-triasiques sont relativement faibles à celle du paléozoïque. Les déformations sont suivies d'un basculement d'environ 200 mètres, entre la partie Sud / Est et Nord / Ouest du gisement, c'est la phase tectonique compressive de direction Nord-Ouest / Sud-Est qui a engendrée l'élévation de la partie Nord-Est.

### **A- La phase Autrichienne :**

Datée d'environ de 100 MA, cette phase est presque synchrone avec la mise en place des hydrocarbures ; puisque des études géochimiques réalisées sur la région, indiquant que la mise en place des hydrocarbures a commencé au début du Jurassique, et s'est poursuivie pendant le Crétacé. Elle correspond a une phase de raccourcissement Est / Ouest; son influence sur le réservoir se résume à :

- Une accentuation de la fermeture structurale.
- Un jeu en décrochement dextre le long des failles Nord-Est / Sud-Ouest dont l'importance de ces déplacements se manifeste au niveau de la fracturation.

### **B- La phase Atlasique :**

Cette phase est postérieure à la formation des hydrocarbures, donc elle est probablement à l'origine des barrières de perméabilité dues à un décalage des niveaux réservoirs.

La structure a subi au temps récent, un faible réajustement épirogénique ne dépassant pas le mètre, "phase villafranchien " compressive à raccourcissement Nord-Sud . Quant au résultat final de ces différentes phases est de fait que la structure présente un allongement de direction Nord-Est / Sud-Ouest.

# CHAPITRE I SITUATION GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU CHAMP HASSI MESSAOUD ET GASSI TOUIL

---

La longueur de certaines failles dépasse la vingtaine ou la trentaine de km, on notera sur la carte structurale du champ, le faible pourcentage apparent des accidents transversaux, de direction NW-SE à EW ceci est en accord avec de mouvements notables, tels que ceux observés au Tassili des Ajjer, et qui ont par ailleurs été prouvés par les études de macrofissuration du champ (structure, fracturation du champ de Hassi-Messaoud, M.Ruhland, J. Thouvenin, 1971). [3]

## **I.3.le champ de Gassi Touil (Nezla) :**

### **I.3.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE :**

#### **I.3.1.1. POSITION ET DONNEES GENERALES :**

Le champ de Nezla Nord est situé à environ 120 km au Sud Est de Hassi Messaoud, à 1030 km au Sud-Sud-Est d'Alger et à 25 km au Nord de la base de vie de Gassi Touil.

**Altitude** : 190 m environ

**Climat** : Chaud et sec

**Température** : Maximale (été) = 50 °C      Minimale (hiver) = - 5 °C

**Type de paysage** : Plateaux de sable avec des cordons de dunes.

**Vents dominants** : Nord Est - Sud Ouest

**Périodes de vents de sable** : Février, Mars et Avril

**Pluviométrie** : Très faible pendant l'hiver, nulle pendant le reste de l'année. [4]

#### **I.3.1.2. SUPERFICIE ET COORDONNEES :**

**Superficie** : 120 km<sup>2</sup> environ

**Coordonnées** :

**UTM**

**GEOGRAPHIQUES**

X = de 260 650 à 267 200

X = de 6°30'00" à 6°38'00"

Y = de 3 405 200 à 3 391 560

Y = de 30°45'00" à 30°38'00" [4]

### **I.3.2. Historique :**

#### **I.3.2.1. Découverte, structure, Type d'effluent et réserves initiales :**

##### **A- Découverte et structure :**

La structure de Nezla Sud a été mise en évidence par la sismique réflexion sur le Permis de Hassi Touareg (COPEFA - 1958) et a donné lieu à l'implantation de 02 forages : NZ 1 en 1960 et NZ 2 en 1961.

Ces deux sondages ont montré une importante accumulation de gaz au niveau des grès du Trias Argilo-Gréseux Supérieur et du Permo-Trias (Argilo-Gréseux Inférieur).

L'Ordovicien sous-jacent (Grès de Ouargla et Quartzites de Hamra), bien qu'ayant fourni du gaz à NZ 1, s'est révélé bien trop compact pour représenter un réservoir intéressant.

La poursuite de l'exploration au Sud du Permis de Hassi Touareg sur la structure de Gassi Touil (GT 1 et GT 2 en 1961), a permis de confirmer l'existence de ces deux réservoirs, là aussi envahis par le gaz.

En 1962-1963, le sondage de GT 3 implanté sur la bordure de la structure, a trouvé un anneau d'huile à la limite du gisement de gaz. La découverte de cet anneau d'huile a permis d'envisager une situation analogue sur la structure de Nezla qui a débordé sur la structure d'El Aziba.

Par ailleurs, le sondage de NZ 2 a montré une réduction d'épaisseur des grès inférieurs vers l'Est, ce qui a permis de ne pas trop s'éloigner de NZ 1 dans cette direction, pour les prochains forages.

Après l'étude structurale du flanc Est de la structure de Nezla menée en commun par une équipe C.E.P. - SN REPAL et qui a fait l'objet du rapport : "Etude sismique de la structure de Nezla (CEP-SN REPAL - 1963)", il a été retenu décidé l'exploration du flanc Est de façon progressive par l'implantation du puits NZ E1, dans un premier temps.

La position structurale du projet Nezla Est a été calculée de telle sorte que le mur du Réservoir Supérieur soit à la même côte absolue que le mur du Réservoir Inférieur dans la position la plus basse où il a été reconnu (sondage NZ 2). Cette position qui conduit notamment à la possibilité de retrouver un éventuel plan gaz/huile dans les Grès Supérieurs et le plan d'eau à l'intérieur des Grès Inférieurs, aboutit à une descente structurale de l'ordre de 400 m au toit des Grès Supérieurs, par rapport à NZ 1.

Les résultats de ce forage ont mis en évidence du gaz dans les Grès Supérieurs qui sont un réservoir moyen, tandis que les Grès Inférieurs se sont révélés un réservoir médiocre à nul envahi d'eau salée.

En outre, il a été mis en évidence une perte des qualités pétrophysiques du réservoir qui s'expliquait essentiellement par l'enrichissement des Grès du TAGS en ciment argileux et sans doute aussi par un passage latéral des niveaux gréseux dans NZ 1 à des niveaux argileux dans NZ E1.

Le Réservoir Inférieur s'est révélé plus riche en argile et en nourrissage secondaire en silice et perd définitivement tout intérêt puisqu'il se situe sous le plan d'eau.

Un autre forage (NZ 3) a été implanté à la fin 1970 et a été destiné à reconnaître l'existence d'une éventuelle accumulation d'huile dans les Réservoirs Triassiques Inférieur et Ordovicien en position structurale intermédiaire entre NZ 1 et NZ 2 gazifères et NZ E1 aquifère. Le Trias Supérieur, certainement dans le gaz, ne constitue pas un sujet d'exploration.

Les résultats de ce forage ont montré que le Trias Argilo-Gréseux Inférieur et l'Ordovicien sont aquifères. [3]

### **I.3.3. Géologie :**

#### **I.3.3.1. Description lithologique:**

##### **A-L'ordovicien :**

###### **1) Grès de Ouargla (Ordovicien) :** (Epaisseur = 20 m)

Grès quartzitique et quartzite fine, avec argile verte et noire.

###### **2) Quartzite de Hamra :** (Epaisseur > 35 m)

Grès quartzitique et quartzite, grès blanc, mal classé, parfois certains niveaux sont bien classés, joints très fins d'argile noire, micacée ou pyriteuse.

##### **B- Le Mésozoïque:**

Il est subdivisé comme suit :

###### **1) Trias :**

###### **1-1) Trias Argilo-Gréseux Inférieur :** (Epaisseur = 30 m)

Argile rouge et verte fortement dolomitique, grès anhydritique et dolomie sphérolithiques, grès fin à moyen, vert ou noir, argileux, parfois ferru-gineux à la base, silteux.

Nombreux débris végétaux et parfois conglomérat ou brèche à élément de quartzite et à ciment argileux.

**1-2) Trias Carbonaté :** (Epaisseur = 190 m)

Argile marron et brune, dolomitique, parfois silteuse avec intercalation d'argile verte et passées de dolomie poudreuse grise et blanche. Ensuite on a un repère de dolomie blanche microcristalline à modules de silex et fines passées d'argile brune dolomitique. A la base, on a une argile brune dolomitique et de la dolomie cristalline à modules d'argile et d'anhydrite.

**1-3) Trias Argilo-Gréseux Supérieur :** (Epaisseur = 80 m)

Argile silteuse, brun rouge et passées de siltstone et grès très fin et très argileux, brun rouge et alternances d'argile rouge silteuse à modules d'anhydrite et argile verte et noire à intercalation mince de dolomie quelques passées gréseuses anhydritique, grès fin à grossier argilo-anhydritique, faiblement dolomitique.

**1-4) Trias Argileux :** (Epaisseur = 60 m)

Argile plastique, salifère devenant silteuse vers la base avec de fins lits de siltstone gris-vert; présence d'argile verte avec de gros quartz arrondis, fissures remplies de sel.

**1-5) Trias Salifère (TS3) :** (Epaisseur = 245 m)

Sel massif hyalin à rougeâtre et rares passées d'argile gris-verte et brun-rouge, salifère.

**1-6) Trias Salifère (TS1) :** (Epaisseur = 40 m)

Argile plastique beige, rouge et verte, parfois salifère ou anhydritique, sel massif rose et anhydrite, vers la base argile gris-noire.

**2) Jurassique :**

2.1) Lias :

**2.1.1) Lias Salifère (LS2) :** (Epaisseur = 70 m)

Sel massif hyalin rougeâtre à passées d'argile grise-noire à noire et d'anhydrite. Les passées d'argile grise deviennent plus importantes au milieu.

**2.1.2) Lias Salifère (LS1) :** (Epaisseur = 115 m)

Alternance de sel massif blanc, rose et d'argile plastique grise. Quelques bancs d'anhydrite blanche.

**2.1.3) Lias Dolomitique :** (Epaisseur = 25 m)

Alternance d'argile bariolée dolomitique, de dolomie grenue à microgrenue, argileuse et d'anhydrite.

**2.1.4) Lias Dolomitique (LD1) :** (Epaisseur = 45 m)

Anhydrite blanche et argile bariolée; argile dolomitique et dolomie beige fine ou grise, grenue vacuolaire.

**2.1.5) Lias Dolomitique (LD2) :** (Epaisseur = 60 m)

Alternance d'anhydrite blanche, d'argile brune et verte, salifère, de sel hyalin et de dolomie pseudoolithique, beige.

**2.2.) Dogger :**

**2.2.1) Dogger argileux :** (Epaisseur = 230 m)

Argile verte et rouge, parfois dolomitique avec passées d'anhydrite rose, de dolomie micro à cryptocristalline grise à beige, fossilifère, parfois marneuse et de grès fin à moyen, argileux, pouvant être faiblement gypseux, pyriteux. Traces de lignite. Vers la base, passées silteuses.

**2.2.2) Dogger Lagunaire :** (Epaisseur = 80 m)

Anhydrite blanche et argile rouge et brune parfois fortement gypseuse, à passées de dolomie beige, compacte, granuleuse et grenue. Intercalation d'anhydrite et de gypse.

**3) Cretace :**

**3.1) Albien :** (Epaisseur = 110 m)

Silt et sable fin parfois consolidé, légèrement dolomitique et gypso anhydritique devenant plus argileux au sommet; rares feldspaths et rares débris de lignites, nombreuses passées d'argiles plastiques gris-vert, rarement indurées, parfois silteuses.

**3.2) Cénomaniens :** (Epaisseur = 130 m)

Alternance d'anhydrite blanche à grise, de dolomie granuleuse, fine, grise fossilifère, de dolomie pseudolithes, d'argile verte et rouge dolomitique. Argile plastique, sableuse, bariolée, grise et verte; sable fin à grès légèrement argileux.

**3.3) Turonien :** (Epaisseur = 110 m)

Calcaire beige, compact, cristallin ou crayeux, parfois dolomitique englobant une zone de marno-calcaire dolomitique parfois oolithique et souvent fossilifère.

**3.4) Sénonien :**

**3.4.1) Sénonien Salifère :** (Epaisseur = 20 m)

Argile salifère dolomitique, avec mince niveau de sel incolore et passées marneuses.

**3.4.2) Sénonien Lagunaire :** (Epaisseur = 175 m)

Dolomie blanchâtre, cristalline, compactée ou vacuolaire beige à grise à passées de dolomie argileuse grise, d'argile dolomitique verte et rouge et minces bancs d'anhydrite blanche gypsifère, surtout à la base.

**3.4.3) Sénonien Carbonaté :** (Epaisseur = 160 m)

Dolomie blanchâtre, compacte, microcristalline, crayeuse, parfois beige, cryptocristalline, vacuolaire, marneuse, très fossilifère avec rares passées d'anhydrite.

**4) Quaternaire tertiaire :**

**4.1) Malm :** (Epaisseur = 190 m)

Niveau d'anhydrite et d'argile au sommet. Argile bariolée plastique à passées de sable fin roux; quelques niveaux d'alternances d'anhydrite blanche et d'argile grise vers la base; fine passées silteuses et intercalation d'anhydrite.

**4.2) Néocomien :** (Epaisseur = 100 m)

Argile bariolée, brune et verte et grès fin induré, parfois légèrement dolomitique.

**4.3) Miopliocène :** (Epaisseur = 200 m)

Sable grossier, ocre, mal consolidé à ciment carbonaté très légèrement feldspathique avec de rares intercalations d'argile ocre, plastique, sableuse, légèrement calcaireuse et de graviers, gris-blanc avec des passées de calcaire blanc. Présence de silex.

Estimated GL From MSL in(m)				190.221	Estimated RKB from MSL. In m				199.421
EON	ERE	PERIOD	AGE	LITHOSTRAT	LITHOLOGY	Estimated TVD(ss) (m)	Estimated TVD(RT) (m)	Estimated Thickness (m)	LITHOLOGICAL DESCRIPTION
PHANEROZOIQUE	CENOZOIQUE	QUATERNAIRE-TERTIAIRE	HOLOCENE-MIOCENE	Mio-Pliocene		190	9	178	Sandstone : fine to coarse grained, poorly consolidated, partly calcareous cemented.
			OLIGOCENE-PALEOCENE						
	MEZOZOIQUE	CRETACE	SENONIEN	Carbonate		12	187	150	Interbedded , dolomite with Anhydrites
			Lagunaire	-138		337	178		
			TURONIEN		-316	515	102	Limestonesm cristaline, some dolomites	
			CENOMANIEN		-418	617	134	Intercalated claystone with anhydrite, salt& Limestone	
			ALBIEN		-552	751	100	Int. Claystone, silty, sandstone and some dolomite	
				Argileux	-652	851	177	Claystone, dolomite, siltstone	
		LIAS	DOGGER	Lagunaire		-829	1028	77	Interbedded Anhydrites, dolomite and Shale
			Dolomitique- Salifere	LD1		-906	1105	44	Limestone and claystone
				LSI		-950	1149	114	
				NIVEAU++ LD2		-1064	1263	56	Salts interc. Anhydrite
				LS2		-1120	1319	73	Salts interc. Limestone
	SALIFERE	NIVEAU-B- LD3		-1193	1392	24	Dolomite interc.Anhydrite		
		S1		-1217	1416	39	Claystone, Anhydrite, thick salts, salte interc, Anhydrite, thick salts, salte interc		
		S2		-1256	1455	262			
	S3		-1518	1717	244				
		ARGILEUX		-1762	1961	39	shale, calcareous		
	TRIASS	Argilo-gréseux Supérieur	TAGS		-1801	2000	74	Claystones/Siltstones interbedded with fine to medium grained sandstones	
			TAGS SANDY		-1875	2074	26	Sandstone: fine to coarse grained with minor claystone/siltstone interbeds	
		TRIASSIC CRBONATE	TRIAS CARBONATE 1		-1901	2100	93	Claystone, red, green, dolomitic, silty, locally anhydritic, slightly hard, layer dolomite, microcrystalline, trace pyrite.	
			PREPERE DOL		-1994	2193	15	Claystone red brown, green, silty, locally anhydritic, slightly hard to hard, fragile	
			TRIAS CARBONATE 2		-2009	2208	91	Thin sandstone brown, fine to medium, argillaceous, interc. Claystone and layer dolomite reddish.	
ARGILEUX GRESEUX SUPERIEUR (TAGI)		TAGI		-2100	2299	31	Sandstone: fine to coarse grained, argillaceous, locally conglomeratic		
		GRES D' OURGLA		-2131	2330	25	Sandstones Interbedded with claystones and siltstones		
	QUARTIZES DE HAMRA		-2156	2355	245	Quartzite : fine to medium grained, highly silica cemented, variably fractured			
	Expected TD					2600			

Figure I.4:Colonne stratigraphique type du champ Nezla (Gassi Touil) (Division production Sonatrach)

#### **I.4.CONCLUSION :**

Le champ de Hassi Messaoud compte plus de 1153 puits, dont 884 producteurs d'huile (502 en gas-lift), puits injecteurs, 117 producteurs d'eau.

Le puits (ONK 243) à Hassi Messaoud est un puits à huile, leur réservoir à Hassi se trouve dans le fond d'ordovicien (RI) et dans le cambrien (Ra D1, R2, R3).

Le puits (NEZLA- 26) à Gassi Touil est un puits à gaz, leur réservoirs se trouve dans les formations: Trias Argileux gréseux inferieure, Grés de Ouargla, Quartzites de Hamra.

## II.1.Introduction :

Le forage pétrolier fait partie de l'ensemble des opérations nécessaires pour localiser et extraire de la roche réservoir les hydrocarbures présents dans le sous-sol. Plusieurs forages sont nécessaires pour aboutir à l'exploitation d'un gisement : Forage d'exploitation : pour confirmer la présence des hydrocarbures, forages d'évaluation qui permettent d'estimer la viabilité économique du développement, et enfin les forages des puits de développement qui aboutissent à la mise en production.

## II.2. Mode d'exploitation :

Le pétrole est naturellement emprisonné dans la roche réservoir, et se situe entre le gaz et l'eau : il est donc sous pression. Si la roche couverture ne le retenait pas, il n'aurait pas stoppé sa migration et serait remonté à la surface de la terre. Le gaz situé au-dessus du pétrole exerce une pression sur ce dernier, c'est pour cela que lorsque le forage atteint la couche de pétrole, celui-ci est expulsé à travers le tubage vers la surface lorsque la pression est suffisante, c'est un "puits éruptif". Le pétrole est ainsi recueilli à la surface. Cependant, dans beaucoup des cas, au fur et à mesure de l'extraction du pétrole, la pression diminue, ce qui entraîne une diminution de sa vitesse de remontée. Lorsque cette vitesse devient trop faible, il est nécessaire d'installer une pompe pour poursuivre la production.

Afin de faire remonter pétrole et gaz de façon plus contrôlée, sans utiliser directement le tubage mis en place, on met en place dans le tubage des tubes de production. Lorsque ses tubes se dégradent à cause de la corrosion ou de dépôts d'hydrocarbures, il peut donc être remplacé.

En arrivant à la surface, le pétrole brut extrait va commencer son circuit dans les installations mises en place à la surface. En particulier, il va être traité et stocké provisoirement puis exporté. [5]

## II.3.Forage:

Après avoir mené des différentes études géologiques et géophysiques, les experts ont déterminé l'emplacement théorique d'un piège à pétrole.

Afin de confirmer les théories, il faut forer, c'est-à-dire percer en profondeur, pour confirmer la présence des hydrocarbures.

Avant d'implanter les installations de forage très coûteuses, il faut d'abord déterminer l'endroit idéal où s'effectuera le forage. De ce fait, les installations sont implantées en fonction de la topographie du terrain et des précieuses informations recueillies lors de l'exploration. Dans le cas du forage vertical que nous étudierons, les installations se situent directement au-dessus du gisement, à la verticale de l'épaisseur maximale de la poche supposée contenir les hydrocarbures. [5]

### **II.3.1.LES TECHNIQUES DE FORAGE :**

Les différentes techniques de forage sont :

#### **II.3.1.1. La technique de Battage :**

C'est la technique la plus ancienne, utilisée par les Chinois depuis plus de 4000 ans (battage au câble), elle consiste à soulever un outil très lourd (trépan) et le laisser retomber sur la roche à perforer en chute libre. Le forage par battage ne nécessite pas de circuit d'eau ou de boue, et seul un peu d'eau au fond de forage suffit. Il est tout indiqué pour les terrains durs surtout lorsque le terrain dur est en surface comme en terrains karstiques ou fissurés le battage se produit par le mouvement alternatif d'un balancier actionné par un arbre à came (ou bien un treuil : cylindre horizontal). Après certain avancement, on tire le trépan et on descend une curette (soupape) pour extraire les déblais (éléments broyés : cuttings). Pour avoir un bon rendement, on travaille toujours en milieu humide en ajoutant de l'eau au fond du trou. Le foreur de métier garde une main sur le câble et l'accompagne dans sa course, ce qui lui permet de bien sentir l'intensité des vibrations sur le câble ; et lorsque le fond de trou est encombré par les débris, celui-ci sera nettoyé par soupapes à piston ou à clapet. [6]

#### **II.3.1.2. La technique de la circulation inverse (rotary à circulation inverse):**

Le forage rotary est généralement limité au diamètre 619 mm (24"), au-delà de celui-ci, les rendements sont moins bons et les coups des pompes à boue nécessaires pour assurer le nettoyage du forage deviennent prohibitifs.

La méthode de la circulation inverse permettent au contraire, de forer en diamètres varier de 0,6m à 2,5m et plus. Dans ce cas, on utilise un trépan spécial (à tête plate) avec insertion de plaquettes de métal dur et un nombre suffisant de masse tiges pour assurer une charge importante sur le trépan. [6]

La circulation inverse consiste à l'injection du fluide de forage dans l'espace annulaire, et la remontée des cuttings se fait dans les tiges de gros diamètres.

La circulation inverse peut être assurée par :

- Soit par aspiration du mélange eau- cuttings à travers le train de tiges par une pompe d'aspiration (pompe centrifuge)
- soit par utilisation de l'air comprimé, qui consiste à alléger l'eau ou la boue par injection de l'air comprimé provoquant la remontée du mélange eau-cuttings à travers les tiges de gros diamètres. [6]

### **II.3.1.3. La technique marteau fond de trou (MFT) :**

Cette technique permet de traverser des terrains durs.

Le principe repose sur : un taillant à boutons en carbure de tungstène, fixé directement sur un marteau pneumatique, est mis en rotation et percussion pour casser et broyer la roche du terrain. Le marteau fonctionne comme un marteau piqueur, à l'air comprimé à haute pression (10 à 25 bars) qui est délivré par un compresseur, et permettant de remonter les cuttings.

Cette technique est surtout utilisée dans les formations dures car elle permet une vitesse de perforation plus élevée que celles obtenues avec les autres techniques. Elle permet de forer habituellement des trous de 85 à 381 mm. [6]

### **II.3.1.4. La technique ODEX :**

Elle permet de forer dans des terrains à mauvaise tenue nécessitant un tubage de protection.

La perforation est assurée par un taillant pilote surmonté d'un aléreur excentrique permettant d'avoir un trou de diamètre supérieur au diamètre du tubage de revêtement. Ce système permet au tube de revêtement de descendre dans le trou sans rotation à la suite de l'aléreur.

Cette technique peut être utilisée par :

- Un équipement fonctionnant hors du trou, c'est-à-dire avec un marteau et son mécanisme de percussion et de rotation situés en surface.
- Un équipement fonctionnant avec un marteau fond de trou dont la rotation est assurée par un moteur situé à l'extérieur, et l'énergie de percussion est assurée en fond de trou par le marteau fond de trou qui assure la foration par l'intermédiaire d'un guide et de l'outil comprenant le taillant pilote et l'aléreur excentrique. [6]

### **II.3.1.5. la technique de Havage :**

C'est une technique d'extraction consistant à creuser des entailles parallèlement au plan de stratification des roches pour les détacher plus facilement ; utilisée en génie civil pour l'exécution de pieux forés en gros diamètres, et aussi pour exécuter des forages d'eau.

Le forage peut être effectué :

➤ Soit par bennes à coquilles : où l'attaque du terrain se fait au moyen d'une benne circulaire munie de coquilles ouvertes qui percutent le sol comme un trépan remonte les déblais.

L'ouverture et la fermeture des coquilles sont commandées par câble. Ce matériel permet des forages de profondeurs de 70 à 80 m pour des diamètres de 600 mm à 1,2 m dans des terrains alluvionnaires.

➤ Soit par outils en rotation : ce système de perforation travaille au moyen d'un outil d'extraction circulaire avec un fond verrouillé muni de dents et agit par rotation jusqu'à ce qu'il soit plein de matériaux. L'outil est extrait et le déverrouillage du fond de l'outil permet de vider rapidement celui-ci. Ce matériel permet d'effectuer des forages de 35 à 40 m de profondeur en des diamètres de 0,5 à 1,3 m. [6]

### **II.3.1.6. La technique Rotary :**

Parmi tout les techniques, le technique rotary utilisé à Hassi Messaoud (ONK 243) et Gassi Touil (NZ-26).

Elle est relativement récente, ses premières utilisations remontent au 1920.

Le technique rotary est utilisé spécialement dans les terrains sédimentaires non consolidés pour les machines légères, mais les machines puissantes de rotary peuvent travailler dans les terrains durs (pétroliers).

Un outil appelé trilame (tricône) est mis en rotation depuis la surface du sol par l'intermédiaire d'un train de tiges. L'avancement de l'outil s'effectue par abrasion et broyage (deux effets) du terrain sans choc, mais uniquement par translation et rotation (deux mouvements). Le mouvement de translation est fourni principalement par le poids des tiges au dessus de l'outil. La circulation d'un fluide (liquide visqueux : la boue) permet de remonter les cuttings à la surface. La boue est injectée à l'intérieur des tiges par une tête d'injection à l'aide d'une pompe à boue, et remonte dans l'espace annulaire en mouvement ascensionnel,

en circuit fermé sans interruption. La boue tapisse les parois non encore tubées et les maintiens momentanément en attendant la pose de tubage.

Un accroissement du volume de boue est l'indice d'une venue de fluide souterrain dans le forage (eau, huile, gaz).

Une perte de volume indique une zone fissurée ou dépressionnaire (vide). Le forage en perte de circulation peut être dangereux pour la ligne de sonde et l'ouvrage.

Le dépôt de la boue qui recouvre les parois d'une formation aquifère de faible pression peut gêner la détection de cette formation. [7]

### **a)-Paramètres de forage rotary:**

Pour avoir le meilleur rendement d'un atelier de forage rotary, il convient d'être très vigilant sur les trois paramètres suivants :

➤ le poids sur l'outil : l'avancement s'accroîtra en fonction du poids sur l'outil (qui s'augmente en s'avancant par le montage au fur et à mesure de tiges), mais on est limité dans cette voie par l'usure rapide des lames et des dents et surtout par détériorations rapide des roulements des outils à molettes. Le contrôle du poids sur l'outil s'opère par le dynamomètre qui mesure la tension du brin (file) mort du câble, il donne le poids de tout ce qui est suspendu au crochet.

➤ la vitesse de rotation: la plus part des appareils rotary sont munis d'un indicateur donnant la vitesse de rotation de la table (table de rotation). Dans les terrains durs, la vitesse de rotation sera faible ; elle sera plus élevée lorsque les terrains seront tendres.

Cette vitesse qui se calcule en fonction de la vitesse des moteurs et le rapport des transmissions, devra être vérifiée par un appareil de contrôle.

➤ le débit des pompes (à boue, à air) : la vitesse de remontée des cuttings doit se situer autour de 60 m/min. au minimum. Le choix de la puissance de la pompe et de son moteur sera conditionné par le volume total de boue à mettre en oeuvre pour la plus grande profondeur du forage, en tenant compte des pertes de charge, de la viscosité de la boue et de dimensions des tiges. [7]

### **b)-Les avantages et les inconvénients de forage rotary :**

#### **b-1)-Avantages :**

➤ La profondeur du forage peut être très importante, la foration n'est pas perturbée par les terrains peu stables ou plastiques, sous réserve de l'utilisation d'un fluide de forage adapté.

- Ce système permet un bon contrôle des paramètres de forage (poids de l'outil, vitesse de rotation, qualité de la boue, débit d'injection de la boue) en fonction des terrains à traverser.
- Le forage au rotary consolide les parois en terrains meubles par dépôt d'un cake. [7]

### **b-2)-Inconvénients :**

- Nécessité d'un fluide de forage qui ne permet pas d'observation directe de la qualité des eaux des formations traversées.
- Colmatage possible des formations aquifères par utilisation de certaines boues (bentonite).
- Difficulté d'observation des cuttings, la présence de tamis vibrants en circuit retour diminue sensiblement cet inconvénient. [7]

### **c)-Les composants d'un appareil de forage rotary:**

#### **c-1)- Le mat de forage :**

Le mât de forage [mât] sert aux manœuvres des garnitures de forage ou des tubages. Il peut être du type qui ne se démonte pas pour le déménagement, ou de celui qui se démonte en un petit nombre d'éléments. [8]

#### **c-2)- La garniture de forage**

Le forage rotary exige l'utilisation d'un arbre de forage creux appelé garniture, qui a pour principales fonctions :

- entraîner l'outil en rotation.
- appliquer un certain effort sur l'outil.
- apporter l'énergie hydraulique nécessaire à l'évacuation des déblais (canaliser la boue de forage). [8]

Une garniture de forage est constituée de deux principaux éléments suivants :

#### **c-2-1)- Les tiges :**

Les tiges de forage permettent la transmission de la rotation de la table à l'outil et le passage du fluide de forage jusqu'à ce dernier. [8]

#### **c-2-2)- Les masse-tiges :**

Les masse-tiges permettent de :

- mettre du poids sur l'outil pour éviter de faire travailler les tiges de forage en compression. Le poids utilisable des masse-tiges ne devra pas excéder 80% de leur poids total dans la boue ;
- jouer le rôle du plomb du fil à plomb pour forer un trou aussi droit et vertical que possible. [8]

### **c-3)- Equipements d'entraînement de la garniture de forage :**

#### **c-3-1)- La table de rotation :**

En cours de forage, la table de rotation [rotary table] transmet le mouvement de rotation à la garniture de forage, par l'intermédiaire de fourrures [bushings] et de la tige d'entraînement [Kelly], et, en cours de manœuvre, supporte le poids de la garniture de forage, par l'intermédiaire de coins de retenue. [8]

#### **c-3-2)- Le carré d'entraînement et les fourrures :**

Le mouvement de rotation est transmis par la table à la tige d'entraînement par le biais d'un carré d'entraînement [Kelly bushing] rendu solidaire en rotation de la table par l'intermédiaire d'une fourrure principale [master bushing]. Pendant les manœuvres, des fourrures intermédiaires [adapter bushings] sont mises en place à l'intérieur des fourrures principales pour pouvoir caler la garniture de forage. [8]

#### **c-3-3)- La tige d'entraînement [Kelly] :**

Elle assure la liaison entre la garniture de forage et la tête d'injection et communique le mouvement de rotation de la table à la garniture de forage par l'intermédiaire du carré d'entraînement. [8]

#### **c-4)- La tête d'injection [swivell] :**

La tête d'injection supporte la garniture de forage et permet d'y injecter la boue en rotation ou à l'arrêt. [8]

#### **c-5)- Le top drive :**

- Le top drive est une tête d'injection motorisée qui, en plus de l'injection, assure la rotation de la garniture de forage.
- Ainsi, on n'a besoin ni de la tige d'entraînement ni de la table de rotation pour faire tourner la garniture, c'est le top drive qui s'en charge. En plus, pendant le forage, au lieu de faire les ajouts simple par simple, on peut les faire longueur par longueur. [8]

#### **c-6)- Générateur du courant :**

Les moteurs de diesel, qui produit un courant continue ou alternative, assurent les fonctions levage, rotation, pompage, éclairage et auxiliaires. [8]

### **c-7)- L'outil :**

Les outils de forage ont évolué au cours du temps pour répondre aux problèmes techniques du forage qui deviennent de plus en plus complexes. Toutes ces évolutions ont eu pour but d'augmenter la vitesse d'avancement et la durée de vie des outils, et donc de réduire le coût du forage.

Les outils se classent en trois catégories :

- Les outils à lames : Ces outils travaillent comme une fraise dans le métal, ils font des copeaux dans les terrains, ils sont employés dans les terrains sédimentaires à structures fines, peu dure. Il y a trois types de outils : outil à deux lames (queue de poisson), outil à trois lames et outil à plusieurs lames (plusieurs étages de diamètres différents).
- Les outils à molettes : ils sont constitués de trois cônes tournant de façon indépendante et montés sur trois bras réunis entre eux par soudure constituant le corps de l'outil. Plusieurs types de roulements sont utilisés (rouleaux avec ou sans étanchéité, paliers de friction, système de lubrification, etc.). Ces outils travaillent principalement en compression.
- Les outils à diamant (outils à éléments de coupe fixes) ils ne possèdent pas de pièces tournantes ; ce sont des outils monobloc. Des diamants naturels et de synthèse sont utilisés pour leur fabrication. Les outils à diamant naturel travaillent à la façon d'une lime tandis que les outils à diamants synthétiques travaillent à la façon d'un rabot. [8]

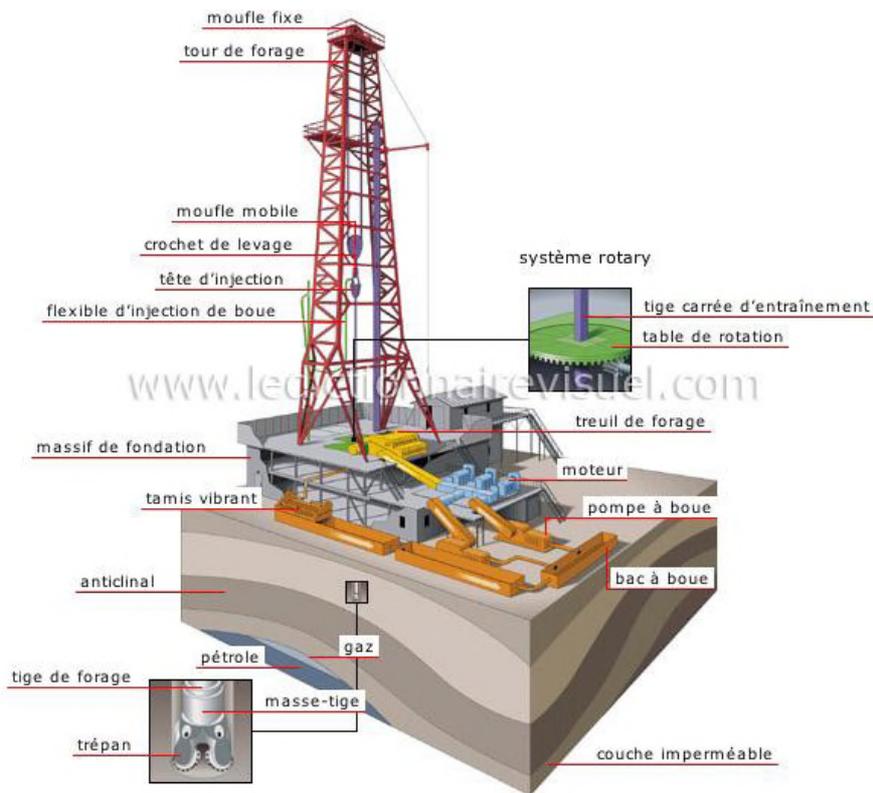


Figure II.1 : Les composants d'un appareil de forage rotary [8]

**d)- Les systèmes dans l'appareil de forage :**

**d-1)-Système de mouflage :**

Le mouflage est l'enroulement du câble de forage entre les poulies des moufles fixe et mobile en plusieurs brins (jusqu'à 14 brins). Le mouflage permet de démultiplier le poids de la garniture de forage et diminuer la vitesse de son déplacement.

En négligeant les frottements, la tension sur le brin actif est divisée par le nombre de brin, et sa vitesse est multipliée par ce nom. [1]

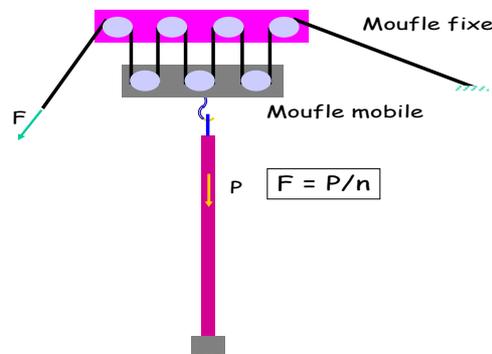


Figure II.2 : Système de mouflage [8]

### **d-2)-Système de rotation :**

#### **d-2-1)- Top drive :**

Le top drive est une sorte de tête d'injection motorisée énorme qui, en plus de l'injection, assure la rotation de la garniture de forage.

Ainsi, on n'a besoin ni de la tige d'entraînement ni de la table de rotation pour faire tourner la garniture, c'est le top drive qui s'en charge. En plus, pendant le forage, au lieu de faire les ajouts simple par simple, on peut les faire longueur par longueur.

Plusieurs autres options existent dans cet équipement : les bras de l'élévateur sont articulés hydrauliquement pour faciliter le travail de l'accrocheur et il possède une clé automatique et même une coulisse intégrées. Des rails placés tout le long du mât le guident dans ses déplacements.



**Figure II.3 :** Top drive [8]

#### **d-2-2)-Table de rotation :**

Pour faire tourner l'outil, on visse au sommet des tiges, de forme cylindrique, une autre de section carrée ou hexagonale, appelée tige d'entraînement [Kelly], et on l'introduit dans un moyeu appelé table de rotation [rotary table]. Sur cette table est placé un carré d'entraînement, qui comporte des rouleaux épousant la forme de la tige d'entraînement. Ce carré est entraîné par la table de rotation. Il permet de transmettre le mouvement de rotation de la table à la tige d'entraînement, ainsi que sa translation sans risquer de se frotter sur les côtés et s'user. Cette table sert aussi au calage de la garniture de forage lors de sa manœuvre dans le puits. [8]

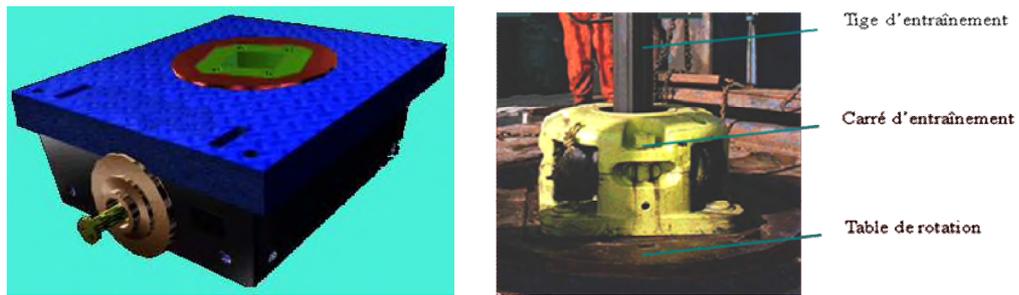


Figure II.4 : Table de rotation [8]

**d-3)- Système circulation et pompage :**

La boue [mud] est fabriquée dans des bassins de grande capacité. Elle est ensuite aspirée par des pompes [Mud pumps] et refoulée dans les tiges creuses. Elle descend le long de la garniture de forage [drilling string], sort par les orifices de l'outil, remonte dans l'espace annulaire entre la garniture de forage et le puits jusqu'en surface. Là, elle est recueillie dans un tube vertical (tube fontaine), puis acheminée par un autre horizontal (goulotte) vers des tamis vibrants, pour être débarrassée des déblais [cuttings], avant d'être réinjectée dans le puits [well]. [8]

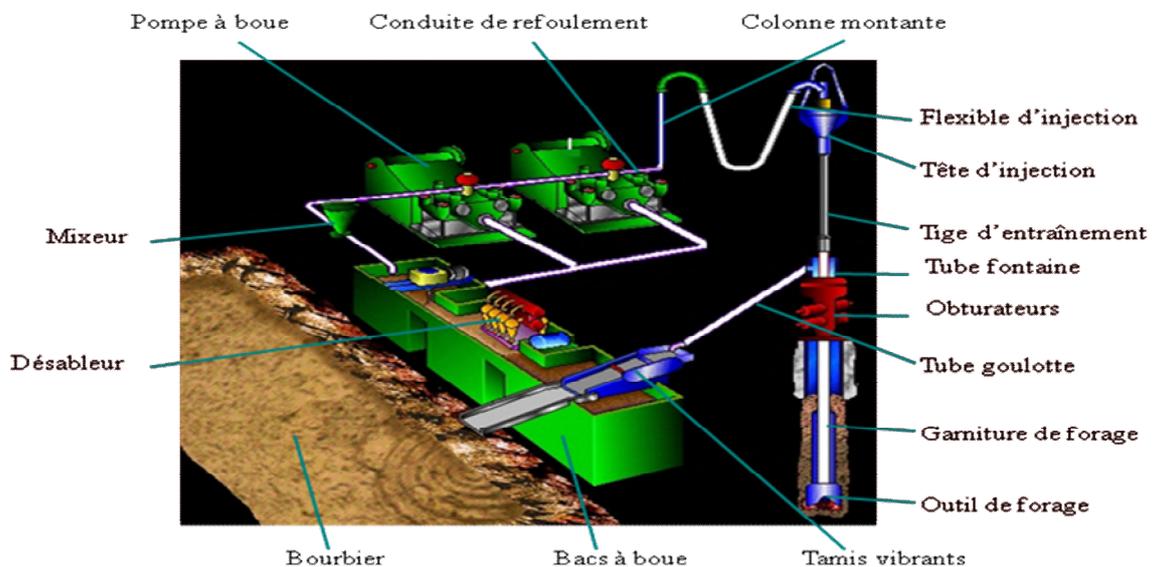


Figure II.5 : circuit de boue [8]

### **d-4)-Système de puissance :**

Le treuil, la pompe et la table de rotation sont entraînés soit par des moteurs indépendants, soit par des chaînes et courroies à partir d'une boîte de transmission. La source principale de l'énergie est composée de moteurs diesel. La transmission est soit mécanique, soit électrique. [8]

### **d-5)-Système de sécurité (les obturateurs) :**

Lorsqu'un fluide (du gaz, du pétrole ou de l'eau) sort de la roche dans laquelle il est contenu (réservoir) et s'introduit dans le puits, on dit que c'est une venue. Il faut alors fermer immédiatement le puits, sinon, le fluide chasse la boue au-dessus de lui et remonte dans le puits. S'il atteint une certaine hauteur, il devient difficile à contrôler, ce qui s'appelle éruption [blowout].

Afin d'éviter ce genre de problème, on place, au-dessus de la tête du puits, des obturateurs [blow out preventers = BOP], qui ne sont que des vannes qui ferment le puits, même s'il contient des tiges.

Le puits est équipé de plusieurs types d'obturateurs :

#### **d-5-1)-Obturateurs à mâchoires :**

Ces équipements comportent des mâchoires en acier [rams], fixes ou variables, qui comportent des garnitures qui assurent l'étanchéité entre l'intérieur du puits et les tiges qui en sortent. Les mâchoires qui ferment le puits avec les tiges dedans s'appellent des mâchoires à fermeture sur tiges [pipe rams]. Si le puits est vide, on utilise des mâchoires dites à fermeture totale [blind rams].

#### **d-5-2)-Obturator annulaire :**

Au-dessus des obturateurs à mâchoires est placé un obturateur appelé annulaire qui comporte une membrane en caoutchouc, qui ferme sur n'importe quelle section. Cette membrane se ferme même complètement si le puits est vide.

Sous ces obturateurs est placée une « croix » [Mud cross] qui permet de circuler la boue et contrôler le puits lorsque les obturateurs sont fermés. Cette croix possède deux conduites :

- La première, appelée « kill line », est connectée au manifold du plancher. Elle permet d'injecter la boue sous les obturateurs.
- L'autre, appelée « choke line », permet l'évacuation de la boue et de l'effluent. Elle est connectée à un manifold [choke manifold] comportant, à l'amont, deux duses [chokes] ajustables manuellement ou à distance, pour contrôler la pression de circulation, et, à l'aval, une chambre de décompression et des sorties, une vers la torche pour brûler les hydrocarbures évacués du puits, une autre vers le bourbier pour y déverser l'eau ou la boue fortement contaminée, et la troisième sortie vers le dégazeur pour dégazer la boue avant de l'injecter dans le circuit.[8]

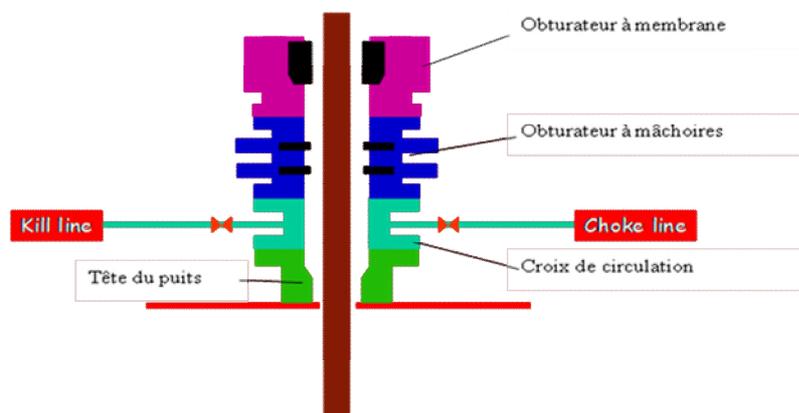


Figure II.6 : Système de sécurité BOP [8]

### II.4.CONCLUSION :

Le forage peut réaliser avec plusieurs techniques citées dans ce chapitre, mais le forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26) à réaliser par la technique rotary.

La technique du forage rotary consiste à utiliser un outil qui détruit la roche sous l'effet du poids et de la rotation. Le poids est assuré par un ensemble de tiges lourdes et creuses, assemblées en un train qui achemine sous pression les boues de forage. Celles-ci refroidissent l'outil et assure le déblaiement du trou. Le forage rotary à la boue est également utilisé pour éviter les éruptions dues à des aquifères et artésien. La foration rotary à la boue pourra être privilégiée dans les cas où le risque d'éruption est grand. Cette technique permet en effet, par augmentation de densité de la boue, de contenir les effets de pressions.



**III.1. INTRODUCTION :**

Le succès d'une opération de forage est assuré par plusieurs facteurs dont le choix du fluide de forage lesquels sont classés dans la famille des fluides complexes du fait de leur nature même (ces fluides peuvent être des émulsions/ suspension de divers constituants) dont les fonctions sont multiples.

La connaissance et le contrôle des propriétés rhéologiques de la boue de forage ont donc une incidence majeure sur le bon déroulement d'une opération de forage.

La boue de forage présente un comportement non newtonien; ils sont habituellement rhéofluidifiants, thixotropes et fortement thermo-dépendant, et ceci a différents niveaux suivant le type de boue et les conditions d'utilisation.

**III.2. Généralité sur les boues de forage :****III.2.1. Définition de boue du forage :**

La boue de forage, est un système composé des 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, etc....)

La boue de forage était déjà présentée 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 boues de forage a été publié en 1936 par Evans et Reid. En 1979, l'American Petroleum Institut (API) définit la boue de forage comme un fluide en circulation continue durant toute la durée de forage, aussi bien dans le sondage qu'en surface.

La boue 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.

A la sortie du puits, il subit des différents traitements, tamisage, dilutions, et ajout de produits, de façon à éliminer les déblais transportés et à réajuster ses caractéristiques physicochimiques à leurs valeurs initiales, puis réutilisé. [9]

**III.2.2. Rôle des boues de forage:**

Les boues de forage doivent avoir des propriétés leur permettant d'optimiser les fonctions suivantes:[6]

**III.2.2.1. 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 ». [6]

**III.2.2.2. Maintien des déblais en suspension:**

La boue 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. [6]

**III.2.2.3. 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. [6]

**III.2.2.4. 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. [6]

**III.2.2.5. 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. [6]

**III.2.2.6. 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. [6]

#### **III.2.2.7. 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 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. [6]

#### **III.2.2.8. 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. [6]

#### **III.2.2.9. 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'évents et à mettre en mouvement des aubages, implique certaines caractéristiques et rend impossible ou très délicat l'utilisation de certains produits (colmatant). [6]

#### **III.2.2.10. 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. [6]

**III.2.2.11. 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. [6]

**III.2.2.12. 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. [6]

**III.2.2.13. 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. [6]

**III.2.2.14. 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. [6]

**III.2.3. Types des boues 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). [14]

**III.2.3.1. 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 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 peuvent être comprises 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). [10]

#### **III.2.3.2. 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. [11]

#### **III.2.4. Composition des boues de forage :**

En plus de l'eau et du gasoil utilisé comme phase contenue 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. [6]

**III.2.4.1 .Colloïdes argileux :****A- Les bentonites :**

Les bentonites sont employées pour augmenter la viscosité et les gels des boues douces et diminuer leur filtrat. En milieu salé (plus de 35 g/l de Na Cl), les bentonites sont inefficaces et ne servent alors que de support colloïdal. [6]

**B- Les attapulgites :**

Présentent la propriété de gonfler et de rester en suspension en milieu salé. Cette propriété est employée pour augmenter la viscosité et les gels des boues salées (> 35 g/l de Na Cl). Cependant, ces argiles ne présentent aucune capacité à réduire le filtrat. [6]

**III.2.4.2. Colloïdes organiques****A -L'amidon :**

L'amidon est ajouté dans les boues douces ou salées pour réduire le filtrat. Son emploi exige cependant que l'une de ces trois conditions soit satisfaite :

- pH > 12,
- présence anti-ferment,
- salinité supérieure à 200/250 g/l. [6]

**B-CMC (Carboxy Méthyle Cellulose) :**

Les C.M.C. sont classées en deux catégories, fonction de la viscosité qu'elles confèrent au fluide :

- basse viscosité (L.V.),
- haute viscosité (H.V. ou Regular). [6]

**III.2.4.3. Les fluidifiants et défloculants :****A- Les lignosulfonates :**

Les lignosulfonates de ferrochrome fonctionnent pratiquement, dans toutes les boues à base d'eau. Ces produits possèdent la particularité de se comporter, comme un fluidifiant entre 2 et 8 g/l de concentration, et comme un inhibiteur de gonflement et de dispersion des argiles à des doses plus élevées.

Les autres fluidifiants et défloculants sont Les poly phosphates, Les tanins, Les lignines chromées. [6]

#### **III.2.4.4. Les additifs minéraux :**

##### **A-La soude caustique (Na OH) :**

La soude est employée pour :

- accroître le rendement des argiles : 1 à 2 kg par mètre cube de boue, 3 à 4 kg/m<sup>3</sup> pour les boues à l'eau de mer,
- augmenter le pH et accroître le rendement des produits organiques (fluidifiants et réducteurs du filtrat). [6]

##### **B- Le carbonate de soude (Na<sub>2</sub> CO<sub>3</sub>) :**

Le carbonate de soude est employé pour :

- accroître le rendement des argiles : 1 à 2 kg par mètre cube de boue,
- précipiter le calcium. [6]

##### **C- Le bicarbonate de soude (Na HC0<sub>3</sub>):**

Le bicarbonate de soude est employé lors des reforges ciment pour précipiter la chaux libérée par le ciment (il faut approximativement ajouter 500 kg de bicarbonate de soude à la boue pour traiter 1 m<sup>3</sup> de ciment à reforge). [6]

##### **D- Le gypse (Ca SO<sub>4</sub>, 2 H<sub>2</sub>O):**

Le gypse est employé pour :

- Fabriquer les boues au gypse (utilisés lors du forage de gypse ou d'anhydrite). La solubilité du gypse est de 2,14 g/l en eau douce à la température de 20 °C. Les ions calcium apportés par le gypse empêchent le gonflement des argiles forées, ce qui permet de travailler avec des viscosités plus faibles.

- Traiter les contaminations à base de carbonate. [6]

**E- La chaux éteinte (Ca (OH) 2):**

La chaux éteinte est employée pour :

- augmenter la viscosité d'une suspension d'argile préalablement hydratée dans de l'eau (Ceci entraîne une augmentation de filtrat) ;
- fluidifier certains types de boues salées saturées (Na Cl). [6]

**F- Le chlorure de calcium (Ca Cl<sub>2</sub>) :**

Le chlorure de calcium est employé lorsque l'on désire confectionner des boues contenant une concentration en calcium dans le filtrat plus élevée que celle que peut fournir le gypse. Il est utilisé, pour certaines boues à émulsion inverse. [6]

**III.2.4.5. Les produits organiques spéciaux :****A- Les anti-ferments :**

Ces produits sont utilisés pour empêcher ou stopper la fermentation des colloïdes organiques (amidons, gommes, etc.) en milieu aqueux. On utilise généralement des dérivés phénoliques. Doses d'emploi : 0,5 à 1,5 kg/m<sup>3</sup>. [6]

**B- Les anti-mousses :**

Ces produits favorisent le dégazage de la boue. Il en existe une infinité. Citons : le stéarate d'alumine, les alcools supérieurs (octylique, etc...), [6]

**C- Les agents de décoincement :**

Les statistiques montrent que 70 à 80 % des coincements sont des coincements par pression différentielle. [6]

**D- Les antifrictions et extrême pression :**

Ces produits ont été mis au point pour réduire l'usure des outils, de la garniture, des pièces en mouvement, des pompes, etc. [6]

**F- Les anticorrosion:**

Les boues aérées, les boues salées saturées et en général les boues ayant un pH inférieur à 10 corrodent les parties métalliques avec lesquelles elles sont en contact. Pour réduire ce phénomène, on peut ajouter dans la boue des produits anticorrosion. Citons : le chromate de soude, le bichromate de potassium, etc., et les dérivés d'amines grasses. [6]

**III.2.4.6. Les alourdissant :****A- La barytine ou sulfate de baryum (Ba SO<sub>4</sub> densité : 4,2) :**

C'est l'alourdissant le plus couramment utilisé.

La barytine, plus communément appelée baryte, ne doit pas contenir d'argile ni de sel soluble et sa densité doit être d'au moins 4,20. [6]

**B- Le carbonate de calcium (Ca CO<sub>3</sub> densité : 2,7) :**

Il est aussi employé comme alourdissant dans les fluides ayant une faible viscosité parce qu'il ne sédimente pas facilement. [6]

**III.2.4.7. Les colmatant :****A- Colmatants granulaires :**

De par leur forme anguleuse et leur répartition granulométrique, ils agissent en bloquant en profondeur les fissures. Ils ont une grande résistance mécanique aux pressions différentielles. On emploie des produits durs et calibrés. Citons :

Les coquilles de noix

Les granulométries utilisées sont les suivantes :

- produit brut tout venant,
- de 1,6 à 5 mm Gros,
- de 0,5 à 1,6 mm Moyen,
- de 0,16 à 1,6 mm Fin. [6]

**B- Colmatants fibreux :**

Leur but est de «tisser une trame» autour des Colmatants granulaires. Ils ont un faible résistance mécanique à l'extension (rupture des fibres sous l'influence des pressions différentielles). Citons :

- Les fibres de bois,
- De cannes à sucres,
- Cellulosiques,
- Le tissu. [6]

**C- Colmatants lamellaires :**

Ils forment un colmatage surtout superficiel. Ils sont en général utilisés pour parfaire le colmatage réalisé par les Colmatants granulaires et fibreux. Citons :

- La cellophane,
- Le mica. [6]

**D- Colmatants gonflants :**

Ils permettent d'obtenir très vite un fluide à très haute viscosité. Citons, les gommes de GUAR, qui à l'aide d'un catalyseur, fournissent une gelée extrêmement visqueuse. [6]

**E- Colmatants à prise :**

Injectés liquides, ils deviennent au bout d'un certain temps rigides. Citons :

- Le ciment,
- Le ciment magnésien,
- Le plâtre,
- Les bouchons de baryte ou de bentonite. [6]

**III.2.5. Choix du type de boue en fonction du problème à traiter :****III.2.5.1. Argile à haut pouvoir de dispersion :****a)-Caractéristiques de l'argile à haut pouvoir de dispersion :**

- Fort caractère colloïdal.
- Dispersion rapide et en grande quantité. [12]

**b)-Boues de forage adaptées :**

- Boues à l'huile.
- Boues au KCl.
- Boues au gypse.
- Boues à haute teneur en dérivés ligneux.
- Boues polyacrylates.
- Boues PHPA. [12]

**III.2.5.2.Argile gonflantes :****a)-Caractéristiques de l'argile gonflante :**

- Sensibilité à l'hydratation par filtrat.
- Sensibilité à l'eau dispersée et non liée. [12]

**b)-Boues de forage adaptées :**

- Boues à l'huile.
- Boues au KCl.
- Boues au gypse.
- Boues à haute teneur en dérivés ligneux. [12]

**III.2.5.3.Argiles fluentes :****a)-caractéristiques de l'argile fluente :**

- Argiles sous compactées. [12]

**b)-Boues de forage adaptées :**

- Boues à l'huile.
- Boues au KCl (pour la parie gonflante).
- Boues alourdis. [13]

**III.2.5.4.Argiles boulanges :****a)-Caractéristiques de l'argile boulanges :**

- Structure schisteuse fragile mais pas colloïdale. [13]

**b)-Type de forage pour indifférent mais :**

- Ecoulement laminaire.
- Faible cisaillement à la paroi.
- Filtrat contrôlé. [12]

**III.2.5.5.Gypse et anhydrite :****a)- Boues de forage adaptées :**

- Traitement au  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  si épaisseurs faible.
- Boues rouge classique (FCI).
- Boues au gypse.
- Boues salées saturées. [12]

**III.2.5.6.Sels sels complexes :****a)-Boues de forage adaptées :**

- Boues salées saturées(NaCl).
- Boues à l'huile (sels complexes). [12]

**III.2.5.7.Températures élevées :****a)-Boues de forage adaptées :**

- Boues à l'huile.
- Boues à haute teneur en dérivés ligneux.
- Boues polyacrylates. [12]

**NB :** Utilisation d'attapulgite au lieu de bentonite.

---

**III.2.6. Les équipements du traitement de la boue de forage :****III.2.6.1. 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. [6]

**Les qualités nécessaires sont:**

- Robustesse et fiabilité de l'équipement.
- Bon pouvoir de séparation.
- Accès et maintenance facile.
- Capacité de traitement suffisante pour toutes les phases du forage.

**III.2.6.2. 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. [6]

**III.2.6.3. Dégazage :**

Suivant l'importance de la venue de gaz, deux types de circuit peuvent être établis à la sortie du puits. [6]

**A- 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. [6]

**III.2.6.4.Dégazeur :****A-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 dégaze par ruissellement sur des chicanes et retourne dans le circuit. [6]

**III.2.6.5.L'hydro cyclone:**

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. [6]

**III.2.6.6. 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. [6]

**III.2.6.7.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.

La boue 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

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 physicochimiques à leurs valeurs initiales. [6]

**III.3.CONCLUSION :**

La boue joue un rôle essentiel dans la mise en œuvre du forage : remontée des cuttings, stabilisation des parois, lubrification de l'outil.

La boue se compose de deux types : boue a base d'eau qui a un seul usage et une boue a base d'huile qui a une longue durée de vie.

Les caractéristiques intrinsèques de cette boue (densité, viscosité) sont contrôlées régulièrement et modifiées si besoin a l'aide des additifs citez dans ce chapitre selon chaque formation géologique traversée.

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

Dans le but d'explorer dans les meilleures conditions les puits de forage, la plupart des opérateurs utilisent des fluides de forage ou des boues, Le succès du forage d'un puits dépend essentiellement du bon choix du fluide de forage utilisé. L'optimisation d'une bonne formulation d'une boue de forage permet de réduire d'une manière significative le coût global d'un forage. A cet effet, la boue est choisie en fonction de la nature de la formation, de l'architecture du puits, des objectifs de sondage et des contraintes environnementales et économiques.

Il est donc indispensable d'apporter aux boues tous les soins nécessaires à leur fabrication, à leur contrôle et à leur entretien en cours d'utilisation, dans notre étude on prend comme exemple le puits de Gassi Touil (NZ-26) et le puits de Hassi Messaoud (Onk 243), et pour effectuer cet entretien plusieurs test doit appliquer des tests physiques et chimiques.

### **IV.2. Techniques et méthodes utiliser pou les caractéristiques de la boue :**

#### **IV.2.1. Caractéristiques physiques :**

##### **IV.2.1.1 Mesure de la densité :**

Si on dit densité on dit pression, ce paramètre est capital en forage parce qu'il permet le contrôle du puits et la prévention des venues. La densité à un effet sur la vitesse d'avancement de forage en effet plus la densité augmente plus la vitesse d'avance diminuée. [1]

#### **A- Appareil de mesure densimètre:**

##### **Mode d'emploi :**

1. Remplir le godet de boue à mesurer mettre le couvercle et évacuer l'excès de boue qui sort par le trou central du couvercle prévu à cet effet
2. Nettoyer à l'eau et sécher en prenant soin de maintenir le trou du couvercle obstrué en permanence
3. Placer les couteaux du fléau dans les porte-couteaux du socle

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

4. Déplacer le curseur jusqu'à obtention de l'horizontalité du fléau. Cette horizontalité doit être contrôlée à l'aide du niveau à bulle situé au-dessus des couteaux

5. Lire la densité directement sur le bras du fléau, au droit de la position du curseur. [1]

### **B- Distillateur Fann :**

L'appareil utilisé pour la distillation des solides est un distillateur de Technologie API (American Petr oléum Institut). La température de distillation peut aller jusqu'à 800°C. [1]

### **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 cellule, du godet qu'on remplit de notre échantillon à distiller

D'autre part on remplit la cellule avec la laine de fer, En suite on visse le godet sur cette dernière. Une fois le couple godet-cellule 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 distillat et on relie le distillateur à une source de courant appropriée.

Lorsque 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. [1]

### **Procédure de mesure du oil on cuttings (OCC%) :**

Les mesures du OOC% se font par distillation est utilisé à cet effet. La cellule doit avoir une capacité de 50cm<sup>3</sup> et l'éprouvette graduée de 50 cm<sup>3</sup> de capacité aussi avec des graduations de 1 cm<sup>3</sup>.

**1.** Peser la cellule avec couvercle à l'aide d'une balance précise jusqu'à 0.01 gramme.

Noter cette valeur P1

**2.** Mettre une quantité de cuttings dans la cellule et peser la cellule pleine avec couvercle.

Noter cette valeur P2

**3.** Peser l'éprouvette graduée ou les fluides seront récupérés. Noter cette valeur P3

**4.** Placer la cellule dans le corps du distillateur.

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

5. Connecter le distillateur au condensateur de vapeurs et placer le distillateur dans la jupe de chauffage
6. Porter, alors, l'échantillon à une température de 500°C pendant une heure (1hr) permettant, ainsi, la vaporisation de tous les fluides.
7. Les vapeurs sont passées à travers un condensateur et récupérées sous forme de liquide dans l'éprouvette graduée.
8. S'il y a passage de solides à travers le condensateur, le test doit être refait
9. Au bout du compte, l'on aura récupération d'eau et d'huile dans l'éprouvette un chauffage léger de l'éprouvette permettrait de briser une éventuelle émulsion.
10. Une fois refroidie à température ambiante, mesuré le volume V d'eau par lecture directe sur les graduations de l'éprouvette.
11. Peser l'éprouvette remplie de fluide. Noter cette valeur P4.
12. La masse de l'échantillon brute = P2-P1
13. La masse d'huile = P4-(P3+V), la densité de l'eau étant de 1.
14. La somme des masses huile, eau et les déblais doit être entre 95% et 105% la valeur des poids.
15. Le OOC% massique =  $[P4-(P3+V)] / (P2-P1)$

En toute rigueur, la distillation est une technique utilisée pour mesurer les solides dans les boues de forage, comme moyen de suivi et de contrôle des caractéristiques physiques ; néanmoins, cette technique est utilisée aussi pour mesurer le pourcentage de fluide dans des échantillons de solides (cuttings). Son incertitude est importante pour des pourcentages faibles. [13]

### IV.2.2. Caractéristiques rhéologiques :

.La rhéologie influe sur :

Les pertes de charges la tenue des parois du puits la remontée des déblais et le nettoyage du puits l'avancement en cours de forage. [1]

#### IV.2.2.1. Viscosimètre FANN :

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

### A- Principe de viscosimètre Fann :

Le viscosimètre Fann est composé de deux cylindres coaxiaux; Un stator et un rotor. Ces deux cylindres sont immergés dans la boue qui seront entraînée en mouvement par le rotor, ce mouvement va exercer un couple sur le rotor fixé par un ressort et par suite un léger mouvement du disque gradué. [1]

### B- Mode d'emploi:

- Tamiser la boue sur le tamis de l'entonnoir de Marsh
- Agiter pendant 5 min
- Immerger les cylindres coaxiaux jusqu'à ce que le trait repère du rotor affleure la surface de la boue
- Remplir le godet du viscosimètre
- Faire tourner le rotor à 600 tr/min et lire la déviation sur le cadran
- Régler la vitesse de 300 tr/min et lire la déviation sur le cadran
- Faire de même pour les autres vitesses

### Résultat :

On détermine le modèle du fluide ainsi que ses paramètres rhéologiques:

**Yield point** : le point de rendement, c'est-à-dire la valeur pour laquelle la boue de forage peut nettoyer complètement le puits (l'annulaire est vide des déblais).

$$YP=2. (\Theta 300-\Theta 600) \text{ (Yield point en lbs/100 ft}^2\text{)}$$

**La viscosité plastique** : c'est une contrainte à l'écoulement, c'est la résistance de fluxant des couches des fluides entre eux.

Cet est influe par les LGS (low gravity solide)

$$VP= \Theta 600-\Theta 300 \text{ (viscosité plastique en Cp)}$$

**La viscosité apparente** :

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

$V_a = \frac{\theta 600}{2}$  (viscosité apparente en Cp)

### IV.2.2.2. Viscosimètre Marsh :

On mesure le temps en secondes que met une certaine quantité de boue pour s'écouler à travers l'ajutage de l'appareil qui n'est autre qu'un entonnoir normalisé. La boue s'écoule dans un godet gradué.

#### **A- Mode d'emploi :**

- Prendre l'entonnoir et fermer l'ajutage à l'aide du doigt
- Prélever de la boue dans la goulotte et verser sur le tamis de l'entonnoir jusqu'à ce que le niveau de boue affleure la surface de ce tamis
- Déclencher un chronomètre et laisser couler dans le godet gradué
- Stopper le chronomètre lorsque le niveau de boue atteint 946 cm<sup>3</sup>
- le nombre de secondes lu au chronomètre représente la viscosité Marsh. [1]

### IV.2.2.3. Filtration (filtrat) :

La filtration de la boue influe directement sur :

- La vitesse d'avancement
- La tenue des terrains forés
- L'envahissement des couches perméables. [1]

#### **A- Principe filtre presse :**

La boue est placée dans une cellule dont le couvercle contient un papier-filtre et un tamis. Elle est soumise à une pression et une contre pression cela va causer la filtration du filtrat dans l'éprouvette et la formation d'un cake au niveau du papier-filtre. Une plaque chauffant fixée sur l'enceinte afin d'obtenir la température voulue. [1]

#### **B- Mode d'emploi:**

- Chauffer l'enceinte à la température souhaitée de 250 °F
- Préparer et placer la cellule de filtration
- Mise sous pression 600 psi et sous contre pression de 100 psi.
- Recueillir le filtrat pendant 30 minutes
- Purger et décompresser les unités de pression et de décompression

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

- Sortir la cellule et la laisser refroidir avant ouverture pour récupération du cake
- Le filtrat sera le volume récupéré par 30 minutes. [1]

### **IV.2.2.4. Stabilité électrique :**

L'appareil de mesure est un voltmètre qui indique le voltage nécessaire pour établir un courant électrique entre deux électrodes plongées dans la boue. Plus ce voltage est élevé, et plus l'émulsion est forte. [1]

### **IV.2.3. Caractéristiques chimiques :**

#### **IV.2.3.1. Alcalinité PB:**

On détermine l'alcalinité Pb classique dans la phase aqueuse de la boue inverse.

L'alcalinité est liée directement à la teneur en chaux, seul alcalin soluble dans la phase aqueuse. En général, la valeur optimale de l'alcalinité est fixée par la société boue. Elle est de l'ordre de 1 à 5 ccs de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> N/10. L'accroissement de l'alcalinité permet d'augmenter la stabilité de l'émulsion en température et d'accélérer la stabilisation de l'émulsion (Saponification des émulsions) à la fabrication. [14]

**Note :** Ne jamais ajouter de soude dans une boue à l'huile, car on risque de former avec certains additifs, des éthers pouvant inverser la mouillabilité des solides. Ne pas ajouter la chaux dans l'eau, la chaux mouillée perd sa réactivité.

#### **A- Méthode de mesure :**

Pour le dosage de l'alcalinité nous proposons le mode opératoire suivant :

1. Introduire 50 cm<sup>3</sup> d'un liquide chimique de toluène/ propanol dans un bêcher de 250 cm<sup>3</sup>
2. disperser 1 cm<sup>3</sup> de boue dans le solvant et ajouter 100 cm<sup>3</sup> d'eau distillée.
3. Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphaléine, qui donné la couleur rose.
4. Agiter avec un agitateur en verre.
5. Titrer lentement avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (N/10) jusqu'à disparition de l'incolore dans la phase aqueuse
6. L'alcalinité sera exprimée en cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (N/10) ce qui correspond à une teneur en chaux égale à : (3.69 x cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Kg/m<sup>3</sup> de boue. [14]

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

### **IV.2.3.2. Mesure de la salinité (CL<sup>-</sup>):**

1. le même dernier échantillon en ajout 2 cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (N/10).
2. Ajouter 2 à 3 gouttes de chromate de K<sup>+</sup> qui donné la couleur jaune.
3. Titrer lentement avec AgNO<sub>3</sub> (N/10) jusqu'à disparition de la couleur rouge orangé dans la phase aqueuse.
4. La salinité exprimée en Na Cl (g/l) = 35.45 x cm<sup>3</sup> AgNO<sub>3</sub> x 0.1. [14]

### **IV.2.3.3. Dosage du calcium (Ca<sup>++</sup>) :**

1. Introduire 50 cm<sup>3</sup> d'un liquide chimique de toluène/propanol dans un bêcher de 250 cm<sup>3</sup> disperser 1 cm<sup>3</sup> de boue dans le solvant et ajouter 100 cm<sup>3</sup> d'eau distillée.
2. Ajouter 2 cm<sup>3</sup> de solution tampon ammoniacal et 10 gouttes d'indicateur 'noir-bleu chromate qui donne la couleur Mauve.
3. Titrer avec (E.D.T.A 0.1M) jusqu'au passage de la couleur vineuse au bleu dans la phase aqueuse
4. Le Ca<sup>++</sup> en g/l = 40 x cm<sup>3</sup> E.D.T.A x 0.1 Afin de suivre et contrôler les paramètres de la boue de forage des analyses chimiques et des tests physiques sont effectués au sein du laboratoire sur chantier. [14]

## **IV.3.Résultats et discussion :**

### **IV.3.1. Forage Hassi Messaoud (ONK 243):**

#### **IV.3.1.1. La phase 26'' :**

##### **A-Caractéristiques de forage :**

- Le diamètre du trou est 26 ''.
- Le diamètre de tubage est 18 5/8''.
- La Profondeur ou l'intervalle de la formation géologique de cette phase est la cote 00 -555m.
- Le type de Boue utiliser dans cette phase est une Boue à base d'eau (WBM). [1]

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

### B- Lithologie de la phase 26'' :

Le forage a traversé les étages allant du Moi-pliocène jusqu'au Sénonien lagunaire (551m).

**Tableau IV.1** : La lithologie de la phase 26'' de Hassi Messaoud

<b>Miopliocène</b>	Sable, calcaire, argile
<b>Eocène</b>	Calcaire et Dolomite.
<b>Sénonien (Carbonate)</b>	Calcaire, dolomie, gypse, marne, argile
<b>Sénonien (Anhydritique)</b>	Calcaire, dolomitique, marne, argile, anhydrite, dolomie

### C- Composition de Boue de la phase 26'' :

La composition de boue utilise à cette phase déterminée dans le tableau suivant:

**Tableau IV.2:** La composition de Boue a base d'eau de forage ONK 243 Sonatrach Direction des opérations de forage par MI-SWACO 2014

<b>Bentonitique</b>	80 kg / m <sup>3</sup>
<b>Caustique Soda</b>	1.0 kg / m <sup>3</sup>
<b>Soda Asch</b>	+0.7 kg / m <sup>3</sup> ( to keep Hardness < 400 mg )
<b>Poly Sal</b>	5 Kg / m <sup>3</sup> ( by the end of interval )

### D- Propriétés de boue de la phase 26'' :

**Tableau IV.3:** propriété de la boue a base d'eau de forage ONK 243 Sonatrach Direction des opérations de forage par MI-SWACO 2015

<b>La densité de boue (MW)</b>	<1.08 SG before the shakers screens
<b>YP (yield point)</b>	50 lbs/100 ft <sup>2</sup>
<b>viscosité Marsh</b>	60-80 sec/qt
<b>Gels 10 sec / 10 min</b>	20 / 40 lbs/100 ft <sup>2</sup>
<b>Les pertes de liquide API</b>	Below 20 cc's prior to casing

## CHAPITRE IV      ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

<b>PH</b>	9.5-10.5
<b>MBT</b>	80 - 110 kg/m <sup>3</sup> équivalent Bentonite.

### IV.3.1.2. La phase 16'' :

#### **A- Les caractéristiques de forage :**

-Le diamètre de trou est 16 ''.

-Le diamètre de tubage est 13 3/8".

-La profondeur ou l'intervalle de la formation géologique de cette phase à la cote 555-2358 m

-Le type de boue utiliser dans cette phase est une Boue à base d'huile (OBM) de type Gais VERSADRIL. [4]

#### **B-Lithologie de la phase 16'':**

Le forage a traversé les étages allant du sénonien lagunaire jusqu' au Dogger lagunaire (top a 2358m)

**Tableau IV.4:** La lithologie de la phase 16'' de Hassi Messaoud

<b>Sénonien (Anhydritique)</b>	Anhydrite et de dolomite.
<b>Sénonien (Salifère)</b>	Sel.
<b>Turonien</b>	Calcaire crayeux.
<b>Cénomaniens</b>	Anhydrite et de schiste.
<b>Albien</b>	Grès et limono-argileux.
<b>Aptien</b>	Dolomite.
<b>Barrémien</b>	Schiste et de grès.
<b>Néocomien</b>	Argile et grès.
<b>Malm</b>	Schiste, de calcaire et de grès.
<b>Dogger Argileux</b>	Schiste et de grès.
<b>Dogger Lagunaire</b>	Anhydrite.

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

### C-Composition de boue de la phase 16'' :

La composition de boue a base d'huile utilisée dans cette phase pour une densité de 1,25 SG et un rapport huile/eau (H/E) de 70/30 déterminé dans le tableau suivant :

**Tableau IV.5 :** composition de boue a base d'huile de forage ONK 243 Sonatrach Direction des opérations de forage par MI-SWACO 2015

<b>DIESEL</b>	0.59	M3
<b>EAU</b>	0.25	M3
<b>revêtement EH</b>	11.40	Kg/M3
<b>VERSAWET</b>	7	Kg/M3
<b>VG-69</b>	12.0	Kg/M3
<b>LIME</b>	28.0	Kg/M3
<b>NaCl</b>	88	Kg/M3
<b>BARITE</b>	351.8	Kg/M3

### D- Propriétés de boue de la phase 16'' :

**Tableau IV.6:** propriété de la boue a base d'huile de forage ONK 243 Sonatrach Direction des opérations de forage par MI-SWACO 2015

<b>Densité de boue (MW)</b>	1.25 SG (au top de TURONIEN)
<b>Yield point (YP) 150° F</b>	18 – 24 lbs/100 ft <sup>2</sup> .
<b>LSYP à 150° F</b>	8 – 13.
<b>Gels initiales (lbs/100 ft<sup>2</sup>)</b>	12 – 18 lbs/100ft <sup>2</sup>
<b>Haute température-Haute pression (HT-HP) à 200° F &amp; 500 psi</b>	< 10 cc's
<b>Stabilité électrique</b>	> 600 volts
<b>NaCl %</b>	26 % (saturante NaCl Brine)
<b>Alcalinité</b>	2.0 - 2.5 cc's of 0.1 N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>solides à faible gravité(LGS) % par volume</b>	< 5
<b>Rapport huile eau (H/E)</b>	70/30 à 85/15 à la fin de l'intervalle

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

### E- La cimentation de tubage 13''3/8 :

La dernière étape de cette phase est l'étape de cimentation de tubage ou une colonne de tubage 13''3/8, a été descendue jusqu'à la cote 2358 m, puis cimentée jusqu'en surface. [1]

### IV.3.1.3. La phase 12''1/4 :

#### A- Les caractéristiques de forage :

-Le diamètre de trou est 12 1/4 ".

-Le diamètre de tubage est 9 5/8".

-La profondeur ou l'intervalle de la formation géologique de cette phase est la cote 2358-3290 m.

-Le type de boue utiliser dans cette phase est une Boue à base d'huile (OBM) de type Gais VERSADRIL. [1]

#### B- Lithologie de la phase 12''1/4:

Le forage a traversé les étages allant du Dogger Lagunaire jusqu' au Trias Argileux Gréseux (top a 3290m)

**Tableau IV. 7 :** La lithologie de la phase 12''1/4 de Hassi Messaoud

<b>Reste du Dogger Lagunaire</b>	Anhydrite et Malm.
<b>Lias Dolomitique 1 (LD1)</b>	Dolomite, anhydrite avec des stries de schiste.
<b>Lias Salifère 1 (LS1)</b>	Intercalation du Sel et anhydrite.
<b>Lias Dolomitique 2 (LD2)</b>	Anhydrite et de dolomite.
<b>Lias Salifère 2 (LS2)</b>	Massive sel avec des stries de schiste.
<b>Lias Dolomitique 3 (LD3)</b>	Dolomite et Malm.
<b>Trias Salifère1 (TS1)</b>	Anhydrite avec dolomitique d'argile.
<b>Trias Salifère 2 (TS2)</b>	Sel massive avec intercalation d'anhydrite, de schiste et de grès.
<b>Trias Salifère (TS3)</b>	Sel Massive Avec trace de anhydritique de schiste.

## CHAPITRE IV      ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

<b>Trias Argileux Gréseux (TAG)</b>	Calcschistes ou Silt injectés à Salt et anhydrite.
-------------------------------------	--

### C- Composition de boue de la phase 12''1/4 :

La composition de boue a base d'huile utilisée dans cette phase pour une densité de 2,02 SG et un rapport (huile/eau) de 85/15 déterminé dans le tableau suivant :

**Tableau IV. 8:** composition de boue a base d'huile de forage ONK 243 Sonatrach Direction des opérations de forage par MI-SWACO 10/03/2015

<b>DIESEL</b>	0.53	M3
<b>EAU</b>	0.09	M3
<b>COAT-EH</b>	8	Kg/M3
<b>VERSAWET (Agent mouillant.)</b>	7.5	Kg/M3
<b>VG-69 (Inverser, viscosifiant, émulsion fluide de forage.)</b>	6.5	Kg/M3
<b>catalyseur d'émulsion (LIME)</b>	28	Kg/M3
<b>VERSATROL (Réducteur de pertes Liquidiennes)</b>	4	Kg/M3
<b>NaCl (OBM sel / saumure achèvement.)</b>	32.49	Kg/M3
<b>BARITE (Agent de pondération)</b>	1394.70	Kg/M3

### D- Procédé de mélange :

Il est facile de construire et maintenir système inverse de MI-SWACO d'émulsion. Après calcul de la quantité des différents produits pour s'ajouter, du rapport et de la densité d'huile/eau requise. Opérer comme suit:

## CHAPITRE IV      ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

1. Dans un back propre, mélanger la saumure de chlorure de sodium à une quantité de 32.49 Kg/M<sup>3</sup>.
2. Au back de mélange ajouter la quantité de diesel, puis ajouter ATAPULGITE (VERSAWET)  
Ajouter successivement l'émulsion Primaire (LIME), l'émulsion secondaire (VG-69), et la chaux, et le mélange sur le cisaillement maximum pendant 20 minutes.
3. Ajouter lentement le volume de saumure au mélange d'huile et laisser au mélange sur le Cisaillement maximum pendant 20 minutes;
4. Ajouter réducteur filtrat (VERSATROL).
5. Ajouter enfin la quantité de matière de charge pour la densité (2.05sg-2.08sg). [14]

### E- Propriétés de boue de la phase 12''1/4:

**Tableau IV.9:** propriété de la boue a base d'huile de forage ONK 243 Sonatrach Direction des opérations de forage par MI-SWACO (nous participons dans ces tests) 10/03/2015

<b>Densité de boue (MW)</b>	2.05 – 2.08 SG avant LD2
<b>Yield point(YP) ( lbs/100 ft<sup>2</sup> ) à 150° F</b>	10 - 14 lbs/100 ft <sup>2</sup> .
<b>Gels initiales (lbs/100 ft<sup>2</sup>) à 150° F</b>	12 – 16 lbs/100ft <sup>2</sup>
<b>Haute température-Haute pression (HT-HP) à 200° F et 500 psi</b>	<10 cc's
<b>Stabilité électrique (volts)</b>	>1000
<b>NaCl %</b>	26
<b>Solides à faible gravité (L.G.S).</b>	< 5 % par volume
<b>Alcalinité</b>	2.0 - 2.5 cc's of 0.1 N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Rapport huile eau</b>	85/15 – 90/10

### F- La cimentation de tubage 9''5/8:

Une colonne de tubage 9 5/8 ", a été descendue jusqu'à la cote 3290 m, puis cimentée (ciment Portland) jusqu'en surface.

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

### IV.3.1.4. La phase 8''1/2 :

#### A- Les caractéristiques de forage :

- Le diamètre de trou est 8''1/2.
- Le de diamètre de tubage est 7" Liner.
- La profondeur ou l'intervalle de formation géologique de cette phase est la cote 3290 m – 3338 m
- Le type de boue utilisé à cette phase est la boue à base d'huile(OBM) de type Gais Versadril.  
[4]

#### B- Lithologie de la phase 8''1/2:

Le forage a traversé les étages allant du Trias Argileux Gréseux(TAG) jusqu' au Cambrien (Zone R1) (top a 3338m)

**Tableau IV. 10 :** La lithologie de la phase 8''1/2 de Hassi Messaoud

<b>Trias Argileux Gréseux (TAG)</b>	Grès avec matrice de schiste et de schiste dolomitique.
<b>Trias Andésite</b>	de schiste
<b>Ordovicien</b>	Grès, Glauconites Grès, Dolomite, Siltstone et Quartz
<b>Cambrien (Zone R1)</b>	Grès et grès Quartz (iso) traversée Tigil lit Silt.

#### C- Composition de boue à la phase 8''1/2 :

La composition de boue a base d'huile utilisée dans cette phase pour une densité de 1.40 SG et un rapport (huile/eau) de 85/15 déterminé dans le tableau suivant :

## CHAPITRE IV      ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

**Tableau IV. 11:** composition de boue de forage ONK 243 Sonatrach Direction des opérations de forage par MI-SWACO 20/03/2015

<b>DIESEL</b>	0.68	M3
<b>EAU</b>	0.120	M3
<b>COAT-EH</b>	11	Kg/M3
<b>VERSAWET</b>	7	Kg/M3
<b>VG-69</b>	13	Kg/M3
<b>LIME</b>	28	Kg/M3
<b>NaCl</b>	41.98	Kg/M3
<b>BARITE</b>	605	Kg/M3

### D- Procédé de mélange :

Il est facile de construire et maintenir le système inversé de MI-SWACO d'émulsion. Après calcul de la quantité des différents produits pour s'ajouter, le rapport et la densité d'huile /eau exigée, opèrent comme suit

1. Au puits de mélange ajouter la quantité de diesel, puis ajouter d'ATTAPULGITE (**VERSAWET**).
2. Ajouter successivement émulsion primaire (**LIME**), émulsion secondaire (**VG-69**) et de la chaux, et le mélange sur le cisaillement maximum pendant 20 minutes.
3. Ajouter lentement de saumure NaCl au mélange d'huile et laisser au mélange sur le cisaillement maximum pendant 20 minutes
4. Ajouter enfin la quantité de matière de charge pour la densité (1.45sg). [14]

### D- Propriétés de boue de la phase 8''1/2:

**Tableau IV. 12:** Les propriétés de la boue à base d'huile de forage ONK 243 Sonatrach Direction des opérations de forage par MI-SWACO (nous participons dans ces tests) 20/03/2015

<b>Densité de boue (MW)</b>	1.45 SG
<b>YIELD POINT (YP) à 150 F lbs/100 ft<sup>2</sup></b>	10 – 12
<b>Gels (10 sec/10 min) lbs/100 ft<sup>2</sup></b>	8 – 12
<b>LSYP</b>	8 – 12

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

<b>Haute température-Haute pression (HTHP) @ 200° F et 500 psi</b>	<10 cc's
<b>Stabilité électrique</b>	>1000 volts
<b>NaCl %</b>	26%
<b>Alcalinité</b>	2-2.5 cc's de 0.1 N H2SO4
<b>Rapport huile eau (H/E)</b>	90/10
<b>Solides à faible gravité LGS</b>	<5%

### IV.3.1.5. La phase 6'' :

#### A- Les caractéristiques de forage :

-Le diamètre de trou est 6 ''.

-La profondeur ou l'intervalle de la formation géologique de cette phase est la cote 3338 m - 3443 m

-Le type de boue utilisé à cette phase est une boue à base d'huile (OBM) de type Versadril conventionnel.[1]

#### B- Lithologie de la phase 6'':

Le forage a traversé les étages allant du Cambrien (Zone R1) jusqu' au Cambrien Zone Ra(D2) (top a 3443m)

**Tableau IV. 13 :** La lithologie de la phase 6'' à Hassi Messaoud

<b>Cambrien (Zone R1)</b>	Grès et grès Quartz (iso) traversée Tigil lit Silt.
<b>Cambrien Zone Ri (D2)</b>	Quartz Grès et Siltstone.
<b>Cambrien Zone Ra (D3)</b>	Grès Quartz (de moyenne à grande).
<b>Cambrien Zone Ra(D2)</b>	Sable et d'argile
<b>Cambrien R2</b>	Sable et d'argile

#### C- Composition de boue de la phase 6'' :

La composition de boue a base d'huile utilisée dans cette phase pour une densité de 0,88 SG et un rapport huile/eau de 95/5 déterminé dans le tableau suivant :

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

**Tableau IV. 14 :** composition de boue de forage ONK 243 Sonatrach Direction des opérations de forage par MI-SWACO 2015

<b>DIESEL</b>	0.89	M3
<b>EAU</b>	0.047	M3
<b>COAT-ALG</b>	7.0	Kg/M3
<b>VERSAWET</b>	2.8	Kg/M3
<b>VG-69</b>	34.2	Kg/M3
<b>LIME</b>	19.97	Kg/M3
<b>NaCl</b>	16.53	Kg/M3
<b>Megatrol</b>	14.25	Kg/M3

### **D- Propriétés de boue de la phase 6'':**

**Tableau IV. 15:** Les propriétés de la boue à base d'huile de forage ONK 243 Sonatrach Direction des opérations de forage par MI-SWACO 2015

<b>La densité de boue(MW)</b>	0.88 SG
<b>Yield point (YP) at 150<sup>0</sup> F (lbs/100 ftz)</b>	10-12
<b>L.S.Y.P. (lbs/100 ftz)</b>	8 – 12
<b>Haute température-Haute pression (HT-HP) à 250 F &amp; 500 psi</b>	< 4 cc's
<b>Stabilité électrique</b>	>1000 volts
<b>NaCl</b>	26 %
<b>Alcalinité</b>	1.0 cc's de 0.1 N H2SO4
<b>Rapport huile/eau</b>	95/5
<b>Solides à faible gravité (LGS) %</b>	< 3 %

### **IV.3.2. FORAGE DE GASSI TOUIL (NZ-26) :**

Le puits NZ-26 à été foré en cinq phases, traversant une série de dépôts de 2600m d'épaisseur.

La surveillance géologique du puits a débuté le 06/06/2011 à la cote 14m. [4]

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

### IV.3.2.1. Phase 26'' :

#### **A- Caractéristiques de forage :**

- Le diamètre de trou est 26''.
- Le diamètre de tubage est 18''5/8.
- L'intervalle de la formation géologique de cette phase est la cote (14 à 551m).
- Cote sabot ou le fond de tubage de cette phase est 549m. [4]

#### **B- Lithologie de la phase 26'' :**

Le forage a traversé les étages allant du Moi-pliocène jusqu'au Sénonien lagunaire (551m).

**Tableau IV.16 :** La lithologie de la phase 26'' à NZ-26

Moi-pliocène	Sable, calcaire, argile
Sénonien carbonaté	Calcaire, dolomie, gypse, marne, argile
Sénonien lagunaire	Calcaire, dolomitique, marne, argile, anhydrite, dolomie

#### **C- La description de forage de la phase 26'' :**

- Cette phase a été forée par un seul outil tricône, en 65.99 heures avec avancement moyen de 8.14 m/h.
- Après une circulation au fond de plus de deux heures.
- L'outil a été remonté jusqu'en surface.
- Une colonne de tubage 18''5/8, composée de 48 joints, a été descendue jusqu'à la cote 549m, puis cimentée jusqu'en surface. [4]

#### **D- Paramètre des outils utilisé à la phase 26'' :**

**Tableau IV.17:** les paramètres de l'outil de forage NZ-26 Sonatrach Mud logging final well report 2011

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

<b>Outils N<sup>0</sup></b>	01
<b>Diamètre de trou (‘‘)</b>	26
<b>Diamètre du duses de l’outil (inch)</b>	3*18+1*16
<b>Intervalle (profondeur) (m)</b>	14-551
<b>Vitesse d’avancement (ROP) (m/h)</b>	8.14
<b>Débit d’injection de boue (l/mn)</b>	800-3280
<b>Rotation de l’outil par minute (RPM) (t/mn)</b>	50-120
<b>Pression (SPP) (psi)</b>	50-120
<b>Poids sur l’outil (WOB) (t)</b>	1.5-25

### E- Paramètres de boue de la phase 26’’ :

La boue utilisée dans cette phase est une boue à base d’eau de type Bentonitique dont les caractéristiques sont les suivant :

**Tableau IV.18 :** les paramètres de boue à base d’eau de forage NZ-26 Sonatrach Mud logging final well report 2011

<b>Densité de boue (MW) (sg)</b>	1.05
<b>Viscosité plastique (PV) (cp)</b>	12-16
<b>Yield point (YP)</b>	41-47
<b>Viscosité Marsh (FV) (sec)</b>	72-83
<b>Filtrat</b>	-
<b>Rapport huile/eau (H/E)</b>	-

### IV.3.2.2.Phase 16’’ :

#### A- Caractéristiques de forage :

-Le diamètre de trou est 16’’.

-Le diamètre de tubage est 13 3/8’’.

-Intervalle de la formation géologique de cette phase est la cote (551m à1068m).

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

-Cote Sabot ou le fond de tubage de cette phase est 1035m. [4]

### B- Lithologie de la phase 16'' :

Le forage a traversé les étages allant du sénonien lagunaire jusqu' au lias salifère (top a 1035m)

**Tableau IV.19:** a lithologie de la phase 16'' à NZ-26

Sénonien lagunaire	Calcaire dolomitique, marne, argile, anhydrite, dolomie
Turonien	Calcaire, dolomie, marne, argile
Cénomanién	Anhydrite, dolomie, argile
Lias salifère LD1	Argile, Anhydrite, dolomie
Lias salifère LS1	Sel, anhydrite, argile

### C- La description de forage de la phase 16'' :

-La phase à été entamée par la descente de l'outil n°02, dusé en 9 ''12/32'', jusqu'à la cote 445 m pour effectuer un remplacement de boue bentonitiques à base d'eau (WBM) de densité 1,04 sg par une boue à base d'huile (OBM) de densité 1,27 sg.

- Le reforage du ciment et de sabot de tubage et deux mètres dans la formation.

- l'outil à continué le forage de la formation de la cote (551 m à 707 m), à laquelle se déclenché une perte totale.

- La remonter de la garniture de forage pour descendre les tiges nues pour poser des bouchons de ciment puits.

-Le remplissage de puits avec un volume de boue pour voir es que le colmatage est réalisé ou non.

- 3 bouchons de ciment sont injecté son résultat, la perte reste toujours.

- Dans la 4éme injection, pompage d'un volume de LCM puis un bouchon de ciment.

## CHAPITRE IV      ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

- Après ce 4<sup>ème</sup> bouchons le colmatage est réussie (pas de perte), et on descendre la garniture de forage pour reforer le ciment et continuer le forage de la cote (707 m à 717 m).
- une perte partielle se déclenche, le forage continua avec cette perte jusqu'à la cote (749 m) ou la perte partielle augmente.
- L'injection d'un volume de LCM dans la couche à colmaté et on continue le forage jusqu'à La cote 774 m.
- L'injection d'un autre volume de LCM.
- Le forage continue jusqu'à la cote 831 m avec des paramètres réduits pour minimiser la perte partielle.
- Un autre volume de LCM à été pompé après une circulation d'une demi-heure ou une perte se déclenche.
- Un 5<sup>ème</sup> bouchons de ciments est poser, la perte reste toujours.
- L'injection d'un volume de LCM à la cote 707 m et poses le 6<sup>ème</sup> bouchon de ciment.
- Après un remplissage du puits avec un volume de boue la garniture de forage fut redescendue pour reforer le ciment et continuer le forage de la cote (831 m à 1068 m), après une circulation à la cote 1032 m et pompage d'un volume de LCM.
- La garniture de forage fut remontée pour faire les opérations électriques : Sonic, Rayon Gamma GR, Caliper, Variable Density Log (VDL), Ciment Bend Log (CBL).
- La garniture de forage fut redescendre pour contrôle de troue jusqu'à la cote 680 m ou le retour est nul.
- La remonter de la garniture de forage et descendre de tiges nues au fond et poser le bouchon de ciment saturé de sel.
- Les tiges nues remonter jusqu'à la cote 800 m un volume de LCM à été pompé, ensuite remontée les tiges nues pour poser le bouchon.
- La garniture de forage redescendue pour le reforage du ciment de la cote (680 m à 730 m) et de la cote (992 m à 1035 m).

## CHAPITRE IV      ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

-Le retour de circulation est rétabli et remonte la garniture de forage (le colmatage est réussie).

-A la fin de cette phase une colonne de tubage 13 3/8'', composé de 76 joints, à été descendue jusqu'à la cote 1035 m, puis cimentée jusqu'à en surface. [4]

### D- Paramètre des outils utilisé à la phase 16'' :

**Tableau IV. 20:** Paramètres de l'outil de forage NZ-26 Sonatrach Mud logging final well report 2011

<b>Outils N<sup>0</sup></b>	02	02	02
<b>Diamètre de trou ('')</b>	16	16	16
<b>Diamètre du duses de l'outil (inch)</b>	9*12/32	9*12/32	9*12/32
<b>Intervalle (profondeur) (m)</b>	551-707	707-831	831-1068
<b>Vitesse d'avancement(ROP) (m/h)</b>	9.26	8.35	8.13
<b>Débit d'injection de boue (l/mn)</b>	2110-3250	2200-3000	2750-2980
<b>Rotation de l'outil par minute (RPM) (t/mn)</b>	58-130	58-125	115-130
<b>Pression (SPP) (psi)</b>	1220-2200	1280-2230	1980-2250
<b>Poids sur l'outil (WOB) (t)</b>	1.5-19	2-25	2-25

### E- Paramètres de boue à la phase 16' :

La Boue utilisée à cette phase est une boue à base d'huile (OBM) dont les caractéristiques sont les suivant :

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

**Tableau IV. 21:** les paramètres de boue a base d'huile de forage NZ-26 Sonatrach Mud logging final well report 2011

<b>Densité de boue (MW) (sg)</b>	1.27-1.28
<b>Viscosité plastique (PV) (cp)</b>	11-15
<b>Yield point (YP)</b>	15-22
<b>Viscosité Marsh (FV) (sec)</b>	43-47
<b>Filtrat</b>	8.0-8.20
<b>Rapport huile/eau (H/E)</b>	70/30-76/24

### IV.3.2.3. Phase 12 ¼''

#### **A- Caractéristiques de forage :**

- Le diamètre de trou est 12 ¼''.
- Le diamètre de tubage est 9 5/8 ''.
- Intervalle de la formation géologique de cette phase est la cote (1068m à1949m).
- Cote Sabot ou le fond de tubage de cette phase est 1949m. [4]

#### **B- Lithologie de la phase 12''1/4 :**

Le forage a traversé le lias dolomitique (1068m) jusqu'au lias argileux (18 m de pénétration dans cet étage).

**Tableau IV. 22 :** la lithologie de la phase 12''1/4 de forage NZ-26

<b>Lias dolomitique (LD2)</b>	Anhydrite, dolomie
<b>Lias salifère LS1</b>	Sel, anhydrite, dolomie
<b>Dolomitique LD3</b>	Dolomie, calcaire, anhydrite
<b>Lias Salifère S1</b>	Sel, Argile
<b>Lias Salifère S2</b>	Sel, argile, Anhydrite, dolomie
<b>Lias Salifère S3</b>	Anhydrite, dolomie, sel, argile
<b>Lias argileux (18 m de pénétration)</b>	Argile, siltstone

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

### C- La description de forage de la phase 12''1/4 :

-Le forage débuté par la descente de l'outil n° 03.

-L'outils a foré le ciment et de sabot de tubage de la cote (1004m à 1038m).

-Remplacement de la boue à base d'huile (OBM) de densité 1,28 sg par une nouvelle boue à base d'huile (OBM) de densité 1,78 sg.

-L'outil a continué de forer le ciment de la cote (1038 m jusqu'à 1068 m), puis dans la formation de la cote 1068 m jusqu'à la cote 1949 m, faisant 881 m en 42,31heurs soit un avancement moyen de 20,82 m/h.

- Des opérations électriques furent réalisées : Sonic, Rayon Gamma(GR), Caliper, Variable Density Log (VDL), Ciment Band Log (CBL).

-A la fin de cette phase, une colonne de tubage 9 5/8 '' , composée de 159 joints, a été descendue jusqu'à la cote 1949 m, puis cimentée jusqu'à en surface. [4]

### D- Paramètre des outils de la phase 12''1/4 :

**Tableau IV. 23:** les paramètres de l'outil de forage NZ-26 Sonatrach Mud logging final well report 2011

<b>Outils N<sup>0</sup></b>	03
<b>Diamètre de trou (')</b>	12'' 1/4
<b>Diamètre du duses de l'outil (inch)</b>	9*16
<b>Intervalle (profondeur) (m)</b>	1068-1949
<b>Vitesse d'avancement (ROP) (m/h)</b>	20.82
<b>Débit d'injection de boue (l/mn)</b>	2400-2800
<b>Rotation de l'outil par minute (RPM) (t/mn)</b>	82-133
<b>Pression (SPP) (psi)</b>	2300-3300
<b>Poids sur l'outil (WOB) (t)</b>	2.5-17

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

### E- Paramètres de boue de la phase 12''1/4 :

La Boue utilisé à cette phase est une boue à base d'huile (OBM) dont les caractéristiques sont les suivant :

**Tableau IV. 24:** les paramètres de boue a base d'huile de forage NZ-26 Sonatrach Mud logging final well report 2011

<b>Densité de boue (MW) (sg)</b>	1.78
<b>Viscosité plastique (PV) (cp)</b>	23-25
<b>Yield point (YP)</b>	14-16
<b>Viscosité Marsh (FV) (sec)</b>	53-54
<b>Filtrat</b>	6.0
<b>Rapport huile/eau (H/E)</b>	80/20-84/16

### IV.3.2.4. Phase 8'' 1/2 :

#### A- Caractéristiques de forage :

- Le diamètre de trou est 8'' 1/2.
- Le diamètre de tubage est liner 7''.
- Intervalle de la formation géologique de cette phase est la cote (1949m à 2260m).
- Cote Sabot ou le fond de tubage est 2259m. [4]

#### B- Lithologie de la phase 8''1/2 :

Le forage a traversé le lias argileux, et allant jusqu'au trias carbonaté I (70 m de pénétration dans cet étage).

**Tableau IV. 25:** La lithologie de la phase 8'' 1/2 à NZ-26

<b>Lias Argileux</b>	Argile, siltstone
<b>TAGS (Trias Argileux Gréseux Supérieur)</b>	Grés, argile
<b>TAGS Sandy</b>	Grés, argile
<b>Trias carbonaté II</b>	Dolomie, argile

## CHAPITRE IV      ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

<b>Trias repère dolomitique</b>	Dolomie, calcaire
<b>70m de Trias carbonaté I (Pénétration de 70m)</b>	Argile, dolomie

### C- La description de forage de la phase 8''1/2 :

- L'outil n°04 à foré le ciment et les équipements de tubage ( ) de la cote (1921 m à 1944 m).
- La remonté de l'outil.
- Des opérations électriques ont été effectuées : Sonic, Rayon Gamma(GR), Caliper, Variable Density Log (VDL), Ciment Band Log (CBL).
- L'ajout d'un obturateur (BOP) rotatif au dessus de l'ancien BOP.
- A la cote 1944 m, un remplacement de la boue à base d'huile de densité 1,78 sg par une boue de densité 1,20 sg.
- L'outil continué le reforage du ciment et du sabot de tubage de la cote 1944m à 1949 m
- L'outil à continué de forer dans la formation de la cote 1949 m jusqu'à la cote 2260 m, en faisant 314 m en 90,85heurs, soit un avancement moyen de 3,42 m/ h.
- Aux cours de foration 3 bouchons LCM ont été posés suivant le programme de forage pour éviter le problème des pertes.
- Une série d'opérations électriques à été réalisée : Sonic, Rayon Gamma(GR), Caliper, Variable Density Log (VDL), Ciment Band Log (CBL).
- Un contrôle de trou est effectué par la descente de l'outil.
- Une colonne de liner 7'' composée de 51 joints à été descendue jusqu'à 2259 m puis cimentée. [4]

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

### D- Paramètre des outils de la phase 8''1/2:

**Tableau IV. 26:** les paramètres de l'outil de forage NZ-26 Sonatrach Mud logging final well report 2011

<b>OutilsN<sup>0</sup></b>	04
<b>Diamètre de trou (')</b>	8''1/2
<b>Diamètre du duses de l'outil (inch)</b>	6*15
<b>Intervalle (profondeur) (m)</b>	1949-2260
<b>Vitesse d'avancement (ROP) (m/h)</b>	3.42
<b>Débit d'injection de boue (l/mn)</b>	1880-1970
<b>Rotation de l'outil par minute (RPM)</b>	60-105
<b>(t/mn)</b>	
<b>Pression (SPP) (psi)</b>	1400-1850
<b>Poids sur l'outil (WOB) (t)</b>	1-9

### E- Paramètres de boue de la phase 8''1/2:

La Boue utilisé à cette phase est une boue à base d'huile (OBM) dont les caractéristiques sont les suivant :

**Tableau IV. 27:** les paramètres de boue a base d'huile de forage NZ-26 Sonatrach Mud logging final well report 2011

<b>Densité de boue (MW) (sg)</b>	1.20-1.28
<b>Viscosité plastique (PV) (cp)</b>	11-13
<b>Yield point (YP)</b>	11-13
<b>Viscosité Marsh (FV) (sec)</b>	41-43
<b>Filtrat</b>	4.8-5.8
<b>Rapport huile/eau (H/E)</b>	90/10-92/08

### IV.3.2.5. Phase 6'' :

#### A- Caractéristiques de forage :

-Le diamètre de trou est 6''.

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

-Intervalle de la formation géologique de cette phase est la cote (2260m à 2600m).

-Cote Sabot ou fond de tubage est 2599m. [4]

### B- Lithologie de la phase 6'' :

Le forage à traversé le trias carbonaté I, et allant aux quartzites de el Hamra.

**Tableau IV. 28 :** La lithologie de la phase 6'' à NZ-26

Trias carbonaté I	Argile, dolomie
TAGI (Trias Argileux Gréseux Inferieur)	Grés, argile
Grées d'Ouargla	Grés, argile
Quartzites de Hamra	Grés, grés quartzitiques, argile

### C- La description de forage de la phase 6'' :

-Cette phase à été entamée par la descente de l'outil qui à foré le ciment de la cote 2213 m à 2226 m.

-La descente d'un Polish Mill (outil de polissage) pour alésage du top liner.

- La remontée de la garniture de forage.

Des équipements de surface de Weatherford été installés et testés au niveau d'obturateur (BOP) c'est le forage avec pression diriger (MPD).

- la descente et encrage Tie back seal assemblée au casing 7'' dans liner 7''.

-La descente de l'outil qui à foré le ciment de la cote 2226 m à 2254 m.

-la remonté de l'outil de forage.

-Des opérations électriques ont été effectuées : Sonic, Rayon Gamma(GR), Caliper, Variable Density Log (VDL), Ciment Band Log (CBL).

-Différents tests de pression ont été effectués sur les équipements de surface (MPD: le forage avec pression diriger).

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

-Descente de l'outil n°05 jusqu'à la cote 2200 m ou un test positif (pas de perte de boue) de la colonne 7'' à une pression de 3750 psi à été effectué.

- Le remplacement de la boue à base d'huile de densité 1,28 sg (spécifique gravité unité de mesure de densité) avec une boue de densité 1,14 sg.

-Le reforage du ciment et du sabot de tubage en MPD de la cote 2254 m à 2259 m.

- Le forage continua jusqu'à la cote 2600 m en 218,35 heures, soit un avancement de 1,56 m/h.

-Au cours de forage, trois tests de pression pour déterminer la densité équivalente (l'ECD) (test pour avoir la densité nécessaire pour contrôler la pression dans cette phase et éviter les pertes et les venus) ont été effectués :

1. Le premier test à la cote 2260 à 2296m avec une densité de (1.21sg-1.45sg)

-La densité maximale =1.45 sg – (pas de perte de boue)

-La densité minimale =1.21sg (gain (venus de liquide de 300 L))

2. Le deuxième test de la cote 2296 à 2319m avec une densité de (1.23sg-1.45sg)

- La densité maximale =1.45 sg – (pas de perte de boue)

- La densité minimale =1.23 (gain (venus de liquide de 100 L))

3. Le troisième test de la cote 2319 à 2352 m avec une densité de (1.45sg)

- La densité maximale =1.45 sg – (pas de perte de boue)

- Un remplacement de boue à base d'huile (OBM) de densité 1.14 sg par une boue à base d'huile (OBM) de densité 1.32 sg et circulation de 3 heures.

- l'outil fut remonté lentement pour éviter le Sawbing (Le pistonnage).

-Une série d'opération électrique a été réalisée : Sonic, Rayon Gamma(GR), Caliper, Variable Density Log (VDL), Ciment Band Log (CBL).

-Un contrôle de trou fut effectué par la descente de l'outil PDC.

-Pendant la descente, un reaming (un contrôle de trou) a été effectué de la cote 2494 m jusqu'au fond à 2600 m.

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

-Après une circulation de 1.5 heures l'outil fut remonté au sabot pour entamer le démontage des équipements MPD (Managed pressure Drilling : forage avec pression dirigée) puis remontée lente de l'outil jusqu'en surface afin d'éviter le sawbbing (le pistonnage).

-Un contrôle de trou est effectué par la descente de l'outil PDC.

-La descente est effectuée par circulation et rotation et faire une circulation bottom's (chaque descente d'une longueur pour dégager le bouchon de gaz jusqu'à 2600) et après la circulation et l'homogénéisation de la boue ( $d_{out}=d_{in}=1.32$  sg), l'outil fut remonté en surface.

-En pose un bouchon de ciment à la cote 1800m de 100 m de longueur à l'intérieure du liner 7" afin d'enlever le Tie Back+CSG 7".

-La descente d'un autre bouchon de ciment à la cote 1737m.

-Un RBP (retrievable bridge Plug : c'est bouchon mécanique récupérable) est encre à la cote 1668m puis des travaux BOP (l'obturateur : système de sécurité) ont été réalisés avant d'entamer la remontée du Tie Back 7".

- la colonne du Tie Back a été remontée jusqu'en surface.

-Descente liner 4"1/2 avec paker jusqu'à la cote 2599m.

-Ensuite la descente de deux Junks Mill 3"3/4, open pour reforer le ciment et les accessoires du liner 4"1/2. [4]

### d- Paramètre des outils de la phase 6":

**Tableau IV. 29:** les paramètres de l'outil de forage de NZ-26 Sonatrach Mud logging final well report 2011

<b>Outils N<sup>0</sup></b>	05
<b>Diamètre de trou (")</b>	6"
<b>Diamètre du duses de l'outil (inch)</b>	1.197
<b>Intervalle (profondeur) (m)</b>	2260-2600
<b>Vitesse d'avancement (ROP) (m/h)</b>	1.56
<b>Débit d'injection de boue (l/mn)</b>	700-856
<b>Rotation de l'outil par minute (RPM)</b>	436-560

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

(t/mn)	
Pression (SPP) (psi)	2058-2820
Poids sur l'outil (WOB) (t)	1-7

### E- Paramètres de boue de la phase 6'' :

La Boue utilisé à cette phase est une boue à base d'huile (OBM) dont les caractéristiques sont les suivant :

**Tableau IV. 30:** les paramètres de boue a base d'huile à la phase 6''NZ-26 Sonatrach Mud logging final well report 2011

Densité de boue (MW) (sg)	1.14
Viscosité plastique (PV) (cp)	11-13
Yield point (YP)	11-12
Viscosité Marsh (FV) (sec)	37-43
Filtrat	4-5.4
Rapport huile/eau (H/E)	90/10-92/08

### IV.3.2.6. la réalisation de Complétion :

La complétion est une opération réaliser par le service de production, par la descente de le tubage de production et vider le puits de la boue et le remplacer par la saumure a l'extérieure de tubage de production pour le centrer et le protéger de la corrosion puis la perforation du réservoir pour entamer la production. [4]

#### A- Les caractéristiques de la complétion :

-Cote de sabot liner 4'' 1/2 est la cote 2599m.

-Top liner 4'' 1/2 de la cote 2164m.

#### B- La description de l'opération :

-L'opération a débuté par la descente de deux scrapers (scratcher ou gratteur) 7'' et 4'' 1/2, un Junk Mill, pour scraper en trois passes le liner 4'' 1/2 de la cote 2164m à 2290m et scraper le

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

liner 7'' de la cote 2030m à 2155m, suivi par une série d'opérations électriques (Sonic, Rayon Gamma(GR), Caliper, Variable Density Log (VDL), Ciment Band Log (CBL)).

- contrôle du trou a été effectué par la descente d'un Junk Mill (une basket pour remonter les déblais du fond de puits) pour nettoyer l'intérieur de la colonne.

-Un test positif (aucune fuite) de pression pour confirmer l'étanchéité de la colonne a été effectué par la descente et enclage d'un 4''1/2 RTTS (packer de test) à la cote 2251m soit à l'intérieur du liner 4''1/2.

-Redescente du packer 4''1/2 après son contrôle, essais avec plusieurs tentatives pour ancrer ce dernier à la cote 2252m soit à l'intérieur du liner 4''1/2 sans succès.

- La descente du packer à la cote 2262m et l'augmentation de la densité de la saumure (Brine : eau% + sel%) jusqu'à une densité de 1.37 sg et le remplacement de la boue à base d'huile en un seul palier.

-A la fin de cette phase, une colonne de tubing 4''1/2 top production tubing composée, a été descendu et ancrée à la cote 2064.99m; suivi du changement d'obturateur (BOP) par une nouvelle tête de puits. [4]

### C- Paramètres de boue de la complétion:

La Boue utilisé à cette phase est la saumure (Brine: eau% + sel%) dont les caractéristiques sont les suivant :

**Tableau IV. 31:** les paramètres de boue de complétion de NZ-26 Sonatrach Mud logging final well report 2011

MW (sg)	PV (cp)	YP	FV (sec)	Filtrat	H/E
1.37	-	-	-	-	-

### IV.4. Interprétations :

Le choix de boue est une étape très important elle varie suivant les différents formations géologiques du puits.

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

La première phase 26'' du forage de Hassi Messaoud (ONK 243) à la cote 00-551m et de Gassi Touil (NZ-26) à la cote 14-551m du Mio-pliocène jusqu'au Sénonien lagunaire qui se forme de (Calcaire dolomitique, marne, argile, anhydrite, dolomie, gypse, Sable).

On utilise la boue à base d'eau WBM (la boue Bentonitique) de densité (1.05sg-1.08sg) pour former un dépôt du cake permet de consolider les parois pour toutes les formations de cette phase et réduire la perméabilité pour les formations très perméables qui contiennent le (sables, gypse).

Dans la phase 16'' un changement de boue à base d'eau par une boue à base d'huile à cause du changement de formation géologique :

-A Hassi Messaoud le forage (ONK 243) a traversé les étages allant du sénonien lagunaire jusqu' au Dogger lagunaire (top a 2358m) avec une boue à base d'huile OBM de densité 1.25sg et un rapport huile /eau de 70/30 le but de ce changement de boue est la présence des sels dans la formation (éviter l'écroulement et les pertes au niveau de cette formation) et les argiles (pour éviter le gonflement des argiles qui provoque les problèmes de coincement).

- A Gassi Touil le forage (NZ-26) a traversé les étages allant du Sénonien Lagunaire jusqu'au Lias Salifère1 (LS1) (top a 1035m) avec une boue à base d'huile OBM de densité (1.27sg-1.28sg) et un rapport huile /eau de (70/30-76/24) le but de ce changement de boue est la présence des sels et malgré ce changement une grande perte se déclenche dans cette phase à cause de densité et la salinité ou il faut diminuer la densité et élevée le degré de salinité.

La phase 12''1/4 un changement de densité a cause de changement de formation géologique comme suit :

- A Hassi Messaoud le forage (ONK 243) a traversé les étages allant du Dogger Lagunaire jusqu' au Trias Argileux Gréseux (top a 3290m) avec une boue à base d'huile de densité de 2.02sg et un rapport huile/eau de 85/15 ; le changement de boue dans cette phase pour : 1.Densité plus élevée de 2.02sg pour : éviter le rétrécissement du trou et maintenir les fluides de formations en place.

-Boue à émulsion inverse (85/15) pour éviter le gonflement des argiles

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

---

-A Gassi Touil le forage (NZ-26) a traversé les étages allant du Lias Dolomitique 1 jusqu'au Lias Argileux (top a 1949m) avec une boue à base d'huile de densité de 1.78sg et un rapport huile/ eau de (80/20-84/16) ; le changement de boue dans cette phase pour le même but que ONK 243, d'où l'opération passer son problèmes.

La phase 8''1/2 un changement de densité a cause de changement de formation géologique comme suit :

-A Hassi Messaoud ONK 243 Le forage a traversé les étages allant du Trias Argileux Gréseux(TAG) jusqu' au Cambrien (Zone R1) (top a 3338m) avec une boue à base d'huile de densité 1.45sg et un rapport huile/eau de 90/10 ; le changement de boue dans cette phase pour :

-Une boue à émulsion inverse, utilisée pour empêcher la dissolution des sels des formations.

-Résister aux contaminations.

-Excellent pouvoir lubrifiant.

-Limite les coincements par pression différentielle.

-A Gassi Touil (NZ-26) le forage a traversé les étages allant du Lias Argileux et allant jusqu'au Trias Carbonaté 1 (top 2260m) avec une boue à base d'huile de densité de (1.20sg-1.28sg) et un rapport huile/ eau de (90/10-92/08) pour le même but que le forage ONK 243.

La dernière phase est la phase 6'' un changement de densité a cause de changement de formation géologique comme suit :

-A Hassi Messaoud (ONK 243) le forage a traversé les étages allant du Cambrien (Zone R1) jusqu' au Cambrien Zone Ra(D2) (top a 3443m) avec une boue à base d'huile de densité de 0.88sg et un rapport huile/eau de 95/5 (presque diesel toute seul) pour protéger le réservoir puisque c'est le but de forage.

-A Gassi Touil (NZ-26) le forage a traversé les étages allant du Trias Carbonaté 1 allant jusqu'au Quartzites de Hamra (top a 2600m) avec une boue a base d'huile de densité 1.14sg sa la présence de système de forage avec pression dirigé (MPD) puisque c'est la phase la plus difficile (elle contient des couches gazifières).

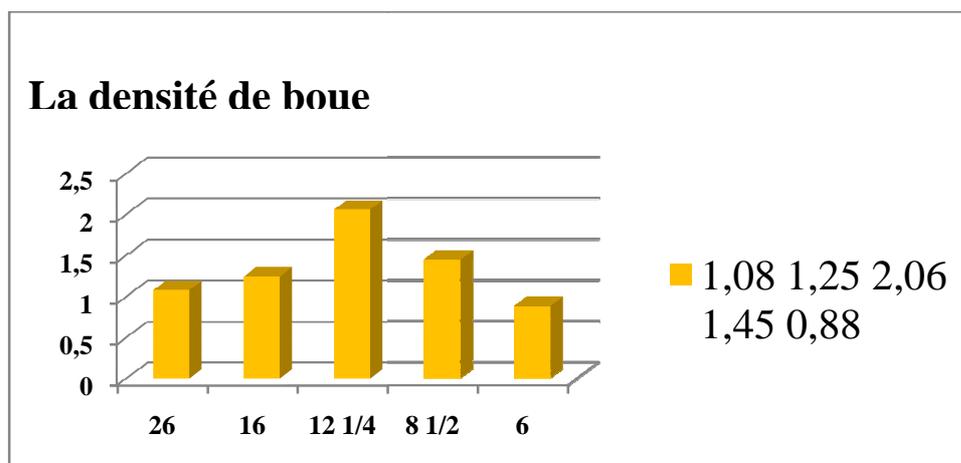
## CHAPITRE IV      ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

### VI.4.1. Les problèmes rencontrés dans le puits (ONK 243) à Hassi Messaoud :

**Tableau IV.32 :** Les problèmes rencontrés dans le puits (ONK 243) à Hassi Messaoud

Les problèmes de la phase 16'' (551m- 2358m)	Remèdes
Les argiles fluentes (quand la densité de boue est diminuée)	Augmenter la densité avec les colloïdes argileux de (1.08 sg à 1.25 sg)
Les argiles gonflantes (quand on a une mauvaise émulsion de boue)	Utiliser une boue à base d'huile d'une bonne émulsion (H/E ≥ 90/10) avec (Ca Cl <sub>2</sub> ) additifs minéraux
Les sels (quand on a une mauvaise émulsion de boue pour OBM)  (ou une boue à base d'eau n'est pas saturée au sel)	-Utiliser une boue à base d'huile  -Une boue à base d'eau saturée avec (Na Cl) additifs minéraux

#### IV.4.1.1. Caractéristique physique:

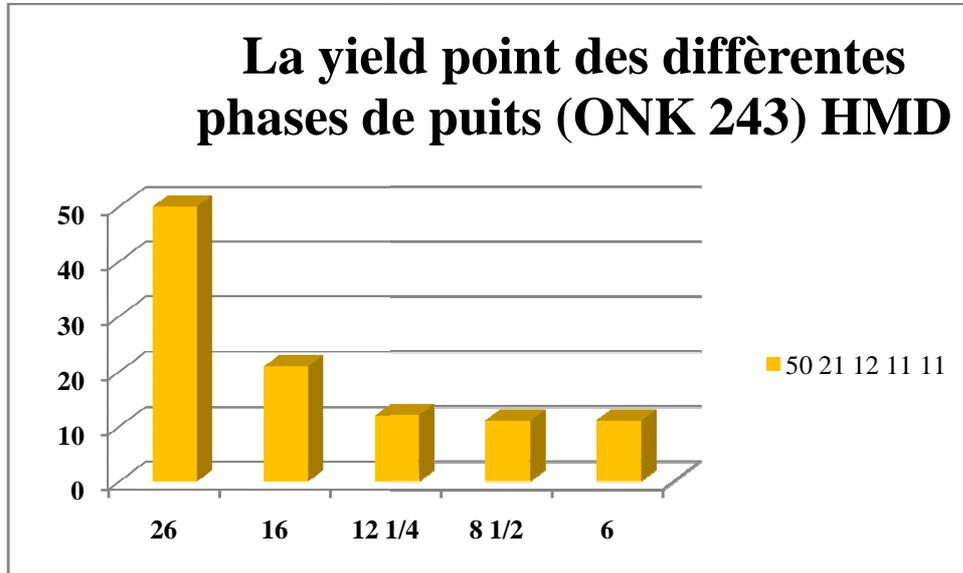


**Figure IV.1 :** Graphe de variation de la densité de boue dans les différentes phases de puits (ONK243) HMD

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

- La densité augmente dans les phases (16'', 12'' ¼, 8'' 1/2) à cause de la formation argileuse.

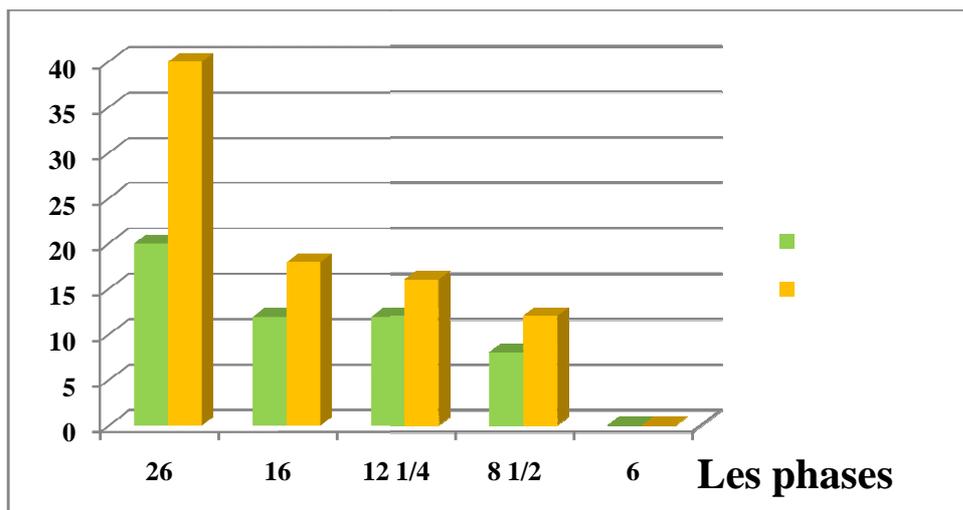
### IV.4.1.2. Caractéristiques rhéologiques:



**Figure IV.2 :** La yield point des différentes phases de puits ( ONK 243) HMD

- Il y a une relation entre la yield point et la profondeur de la formation géologique et le type de boue utilisée c'est pour ça la valeur de YP max dans la phase 26''

### A)- Les gels 10 sec /gels 10 min:



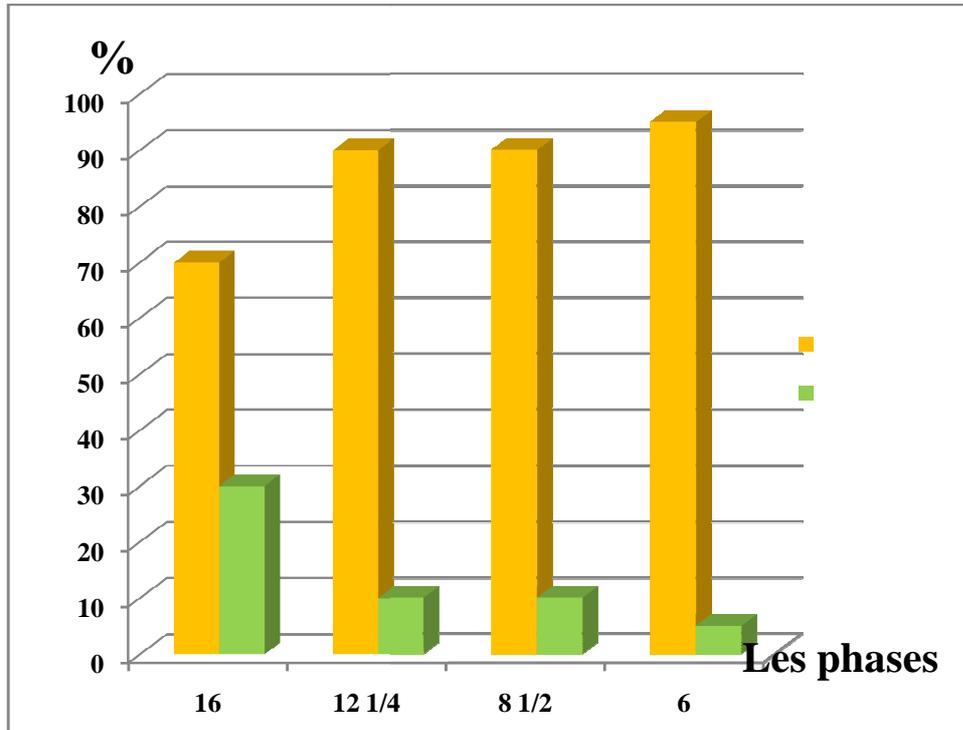
**Figure IV.3 :** les gels 10 sec/10 min dans les différentes phases de puits (ONK 243) HMD

- Les gels 10 sec détermine le cas de circulation de boue.

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

- Les gel 10 min détermine le cas de l'arrêt de circulation.
- Les gels diminuent en fonction de la température intérieure et extérieure de puits (le climat et la profondeur de puits)

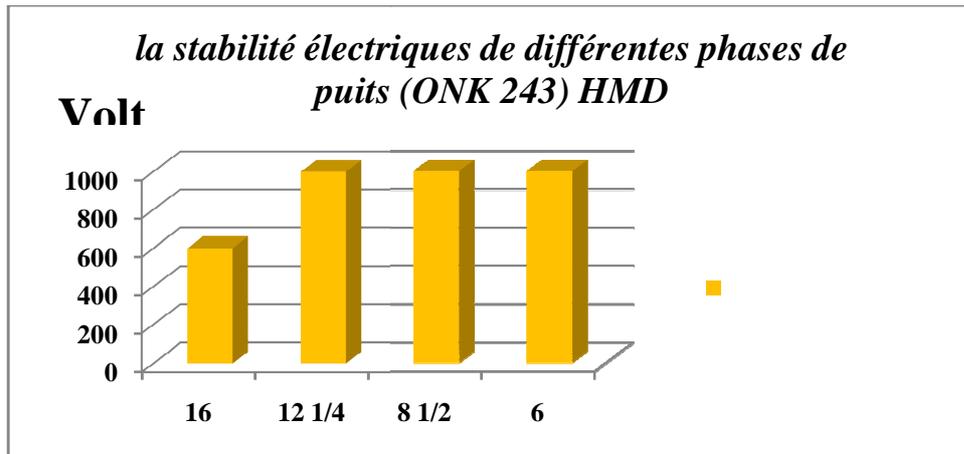
### B)- Rapport huile/eau:



**Figure IV.4 :** Le rapport huile/eau dans les différentes phases ( ONK 243) HMD

- Le rapport huile/eau non contrôlable à la phase 26'' puisque la boue utilisée c'est une boue à base d'eau.
- Le rapport H/E augmente avec l'avancement de forage vers le réservoir pour le protéger.

**C)- Stabilité électrique:**



**Figure IV.5:** Les stabilités électriques de différentes phases de puits (ONK 243) HMD

- La même remarque que le rapport H/E pour la phase 6''.
- L'augmentation de la stabilité électrique avec l'avancement de forage qui assure la bonne émulsion.

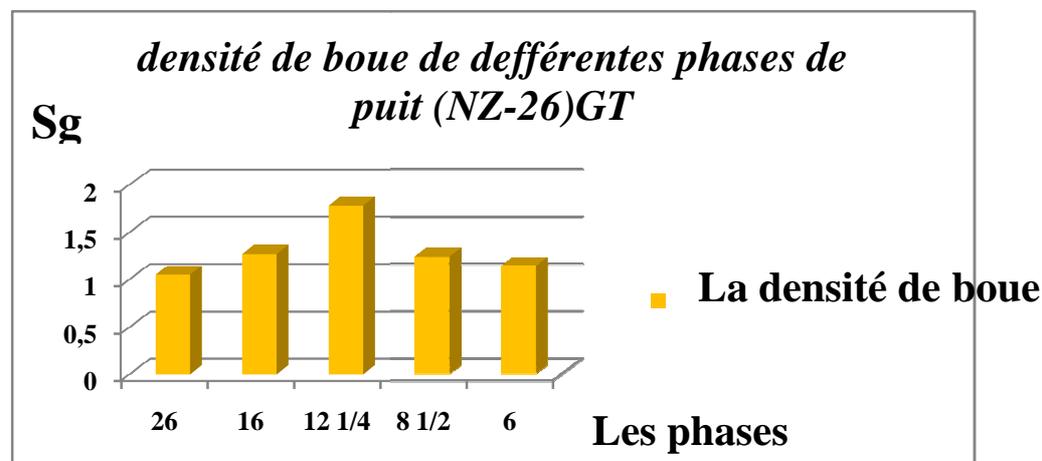
**IV.4.1.3. Caractéristiques chimiques:**

**A)- Alcalinité PB:**

- non contrôlable à la phase 6'' puisque la boue est à base d'eau.
- stable dans les phases (16'', 12'' 1/4, 8'' 1/2) de 2-2.05 cc's de 0.1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> d'où l'émulsion presque stable et diminue jusqu'à 1 cc's de 0.1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à la phase 6'' qui fait une variation dans l'émulsion.

**IV.4.2. Les problèmes rencontrés dans le puits (NZ-26) Gassi Touil:**

**IV.4.2.1. caractéristiques physique:**

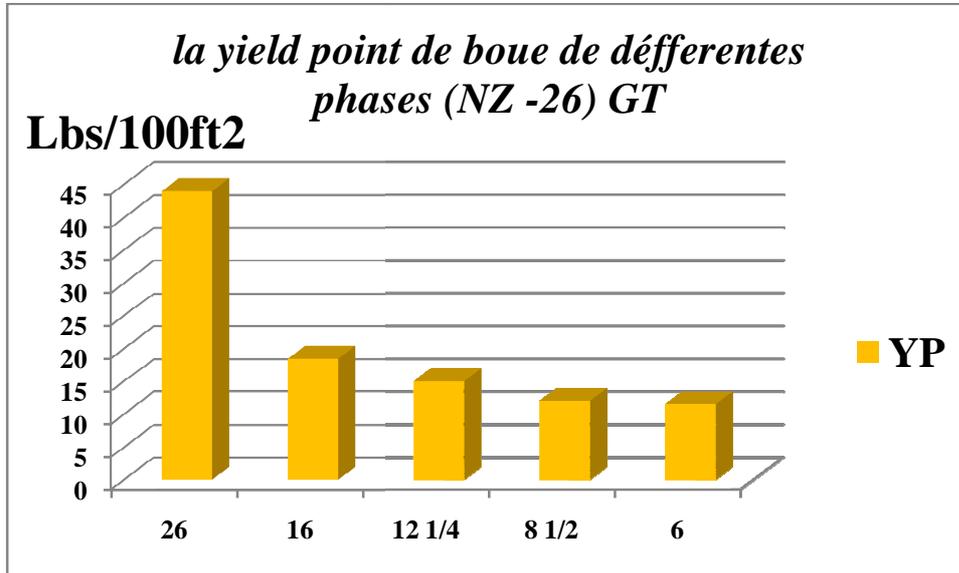


**Figure IV.6:** La densité de boue de différentes phases de puits (NZ-26) GT

## CHAPITRE IV ETUDE DE CAS de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26)

- La densité augmente dans les phases (16'' ,12'' ¼ ,8''1/2) à cause de la formation argileuse.

### IV.4.2.2. Caractéristiques rhéologiques:



**Figure IV.7 :** La yield point de boue de différentes phases (NZ-26) GT

- Il y a une relation entre la yield point et la profondeur de la formation géologique et le type de boue utilisée c'est pour ça la valeur d'YP max dans la phase 26''.

### CONCLUSION GENERALE :

Sur le champ Hassi Messaoud (HMD) le forage (ONK 243) traversée différentes formation géologiques qui allant du Miopliocène jusqu'au la phase réservoir qui se trouve dans le cambrien, la phase réservoir du forage (NZ-26) à Gassi Touil se trouve dans la formation géologique : TAGI, Grés de Ouargla, Quartzites de Hamra tel que cette couche est érodé dans Hassi Messaoud.

D'après la nature de la formation géologiques de forage (ONK 243) Hassi Messaoud et forage (NZ-26) Gassi Touil la technique utilise dans le forage est le rotary. Cette technique (rotary) est réalisé à la première phase 26'' avec une boue de forage à base d'eau et dans les phases suivantes (16'', 12''1/4, 8''1/2, 6'') avec une boue à base d'huile pour les deux puits (ONK 243) Hassi Messaoud et (NZ-26) Gassi Touil d'où on suit les interactions boue-roche et les problèmes qui résultent.

Dans le forage Gassi Touil (NZ-26), une couche géologique gazifière à la phase 6'' qui traversée le trias carbonaté inférieur jusqu'au quartzites de Hamra ; dans cette phase l'utilisation du système MPD (forage avec une pression dirigée pour contrôler la densité dans un certain intervalle) est obligatoire.

Dans le forage Hassi Messaoud (ONK 243), la formation géologique à la phase 16'' qui contient les sels, les argiles gonflantes qui se trouve dans les formations allant de sénonien lagunaire jusqu'au dogger lagunaire c'est on utilise une boue à base d'huile et contrôler la bonne émulsion pour éviter les pertes au niveau du couche salifères et le coincement lors du gonflement des argiles.

La boue à base d'huile est une boue à une long durée de vie c-à-dire on peut forer plusieurs puits avec cette boue ; par contre la boue à base d'eau qui a une seule utilisation, le mètre cube de la boue à base d'huile est plus chère que la boue à base d'eau, mais économiquement le forage le plus économique c'est le forage avec une boue à base d'huile puisque il a utiliser plusieurs fois.

Le cas de forage Hassi Messaoud (ONK 243) a été réalisé sans problème, par contre dans le forage Gassi Touil (NZ-26), une perte se déclenche à la phase 16'' à cause de la densité élevée de la boue à base d'huile qu'il faut la diminuer, cette perte est colmatée à l'aide des bouchons de ciment et des bouchons LCM.

Les problèmes rencontrés pendant le forage ont une relation avec la formation géologique des puits et avec la nature de la boue utilisée et ses caractéristiques physiques, chimiques et rhéologiques.

## ANNEXE I : résultat des analyses de boue de forage NZ-26 :

### II. Résultats des analyses de boue à la Phase 26'' :

Type de boue: Boue à base d'eau (WBM)

Tableau 1 : les paramètres de boue à la phase 26'' à Nezla-26

Date	Prof (m)	MW (sg)	FV (cp)	PV (cp)	YP	Gel 0/10	Filtrat	Huile (%)	Eau (%)	Solides (%)	H/E
06/06/2011	186	1.05	72	12	43	29/38	-	-	97	3	-
07/06/2011	371	1.05	83	16	47	33/40	-	-	96	4	-
08/06/2011	507	1.05	77	15	43	28/36	-	-	96	4	-
09/06/2011	551	1.06	76	15	41	27/33	-	-	95	5	-
10/06/2011	551	1.06	74	15	41	27/33	-	-	95	5	-
11/06/2011	551	1.06	44	12	15	5/7	-	-	86	14	-

B/Phase 16'' :

Type de boue: Boue à base d'huile (OBM)

Tableau 2 : les paramètres de boue à la phase 16'' à Nezla-26

Date	Prof (m)	MW (sg)	FV (cp)	PV (cp)	YP	Gel 0/10	Filtrat	Huile (%)	Eau (%)	Solides (%)	H/E
12/06/2011	553	1.27	43	11	15	5/7	8.00	60	26	14	70/30
13/06/2011	553	1.27	43	11	15	5/7	8.00	60	26	14	70/30
14/06/2011	553	1.27	43	11	15	5/7	8.00	60	26	14	70/30
15/06/2011	553	1.27	43	11	15	5/7	8.00	60	26	14	70/30
16/06/2011	553	1.27	43	11	15	5/7	8.00	60	26	14	70/30
17/06/2011	635	1.27	45	13	16	6/10	8.00	60	25	15	70/30
18/06/2011	707	1.28	46	15	18	6/11	8.00	61	25	14	70/30
19/06/2011	707	1.27	44	14	18	5/11	8.00	60	25	15	70/30
20/06/2011	707	1.27	44	12	18	5/10	8.00	60	26	14	70/30
21/06/2011	774	1.27	44	13	18	5/10	8.00	60	26	14	70/30
22/06/2011	831	1.28	44	15	18	5/10	8.00	60	25	15	70/30
23/06/2011	831	1.28	45	15	18	6/11	8.00	60	26	14	70/30
24/06/2011	867	1.28	46	15	19	7/12	8.00	60	26	14	70/30
25/06/2011	1003	1.28	47	18	22	8/14	8.20	61	24	15	71/29
26/06/2011	1068	1.28	47	16	22	8/12	8.20	64	20	16	76/24
27/06/2011	1068	1.28	47	15	22	8/14	8.20	64	20	16	76/24
28/06/2011	1068	1.28	48	16	23	8/16	8.20	64	20	16	76/24
29/06/2011	1068	1.28	50	20	22	9/16	8.20	64	20	16	76/24
30/06/2011	1068	1.28	49	20	23	8/16	8.20	64	20	16	76/24
01/07/2011	1068	1.28	50	20	23	9/16	8.20	64	20	16	76/24
02/07/2011	1068	1.28	53	25	15	9/15	6.0	56	14	30	80/20

C/Phase 12'' 1/4 :

Type de boue : Boue à base d'huile (OBM)

Tableau 3 : les paramètres de boue à la phase 12'' 1/4 à Nezla-26

Date	Prof (m)	MW (sg)	FV (cp)	PV (cp)	YP	Gel 0/10	Filtrat	Huile (%)	Eau (%)	Solides (%)	H/E
03/07/2011	1309	1.78	54	25	16	12/16	6.0	56	13	31	81/19
04/07/2011	1630	1.78	53	24	15	11/16	6.0	57	13	30	82/18
05/07/2011	1949	1.78	54	23	14	11/16	6.0	58	11	31	84/16
06/07/2011	1949	1.78	54	24	14	11/16	6.0	59	11	30	84/16
07/07/2011	1949	1.78	50	23	12	9/15	6.0	59	11	30	84/16
08/07/2011	1949	1.78	51	23	12	11/16	6.0	60	10	30	84/16
09/07/2011	1949	1.78	52	23	12	11/16	6.0	60	10	30	85/15
10/07/2011	1949	1.78	52	23	12	11/16	6.0	60	10	30	85/15

D/Phase 8'' 1/2 :

Type de boue : Boue à base d'huile (OBM)

Tableau 4: les paramètres de boue à la phase 8'' 1/2 à Nezla-26

Date	Prof (m)	MW (sg)	FV (cp)	PV (cp)	YP	Gel 0/10	Filtrat	Huile (%)	Eau (%)	Solides (%)	H/E
10/07/2011	1949	1.78	52	23	12	11/16	6.0	60	10	30	85/15
11/07/2011	1949	1.78	52	23	12	11/16	6.0	60	10	30	85/15
12/07/2011	1949	1.20	41	13	12	7/12	4.8	75	4	21	94/06
13/07/2011	1994	1.20	41	13	12	7/12	4.8	74	6	20	92/08
14/07/2011	2062	1.20	40	11	11	6/10	4.8	74	6	20	92/08
15/07/2011	2124	1.20	40	11	11	6/11	4.8	72	8	20	90/10
16/07/2011	2187	1.28	42	12	12	7/13	5.8	68	7	25	90/10
17/07/2011	2258	1.28	42	13	12	7/13	5.8	69	6	25	91/09
18/07/2011	2260	1.28	43	12	13	7/13	5.8	69	6	25	91/09
19/07/2011	2260	1.28	43	12	12	7/12	5.8	69	6	25	91/09
20/07/2011	2260	1.28	43	12	12	7/12	5.8	69	6	25	91/09

E/Phase 6'' :

Type de boue : Boue à base d'huile (OBM)

Tableau 5 : les paramètres de boue à la phase 6'' à Nezla-26

Date	Prof (m)	MW (sg)	FV (cp)	PV (cp)	YP	Gel 0/10	Filtrat	Huile (%)	Eau (%)	Solides (%)	H/E
21/07/2011	2260	1.28	42	12	12	7/12	5.8	69	6	25	91/9
22/07/2011	2260	1.28	43	12	12	7/12	5.8	69	6	25	91/9
23/07/2011	2260	1.28	43	12	12	7/13	5.8	69	6	25	91/9
24/07/2011	2260	1.28	43	12	12	7/13	5.8	69	6	25	91/9
25/07/2011	2260	1.28	43	12	12	7/13	5.8	69	6	25	91/9
26/07/2011	2260	1.28	43	12	12	7/12	5.8	69	6	25	91/9
27/07/2011	2260	1.28	42	12	12	7/13	5.8	69	6	25	91/9
28/07/2011	2260	1.28	42	12	12	7/13	5.8	69	6	25	91/9
29/07/2011	2260	1.28	43	12	12	7/13	5.8	69	6	25	91/9
30/07/2011	2260	1.14	37	11	11	6/9	5.4	75	8	17	90/10
31/07/2011	2283	1.14	37	11	11	6/10	5.4	75	8	17	90/10
01/08/2011	2306	1.14	38	12	12	7/11	5.4	75	8	17	90/10
02/08/2011	2319	1.14	37	11	11	6/9	5.4	75	8	17	90/10
03/08/2011	2325	1.14	37	11	11	6/8	5.4	75	8	17	90/10
04/08/2011	2355	1.14	36	12	12	7/11	5.4	75	8	17	90/10
05/08/2011	2394	1.14	37	12	12	8/12	5.4	75	8	17	90/10
06/08/2011	2428	1.14	36	11	12	7/12	5.4	75	8	17	90/10
07/08/2011	2459	1.14	38	12	12	8/13	4.8	75	8	17	90/10
08/08/2011	2494	1.14	37	12	12	7/12	4.2	76	7	17	91/9
09/08/2011	2523	1.14	37	12	12	8/12	5.8	76	6	18	92/8
10/08/2011	2551	1.14	37	13	13	8/12	4.0	76	7	17	92/8
11/08/2011	2582	1.14	37	13	13	8/13	4.0	76	7	17	91/9
12/08/2011	2600	1.14	37	12	12	7/12	4.0	77	6	17	91/9
13/08/2011	2600	1.32	42	14	13	9/14	5.0	67	7	27	91/9
14/08/2011	2600	1.32	43	14	14	10/15	4.2	67	7	27	91/9
15/08/2011	2600	1.32	43	15	14	10/15	4.0	67	6	27	91/9
16/08/2011	2600	1.32	43	14	14	9/14	4.0	67	6	27	91/9
17/08/2011	2600	1.32	43	15	14	10/15	4.0	67	6	27	91/9
18/08/2011	2600	1.32	43	14	14	6/14	4.0	67	6	27	91/9
19/08/2011	2600	1.32	43	15	14	10/15	4.0	67	6	27	92/8
20/08/2011	2600	1.32	43	15	14	10/15	4.0	67	6	27	92/8
21/08/2011	2600	1.32	43	15	14	10/15	4.0	67	6	27	91/9
22/08/2011	2600	1.32	43	15	14	10/15	4.0	67	6	27	91/9
23/08/2011	2600	1.35	43	15	14	10/15	4.0	67	6	27	91/9
24/08/2011	2600	1.35	43	17	14	10/15	4.0	65	6	29	91/9

Date	Prof (m)	MW (sg)	FV (cp)	PV (cp)	YP	Gel 0/10	Filtrat	Huile (%)	Eau (%)	Solides (%)	H/E
25/08/2011	2600	1.37	44	19	13	11/16	4.0	64	6	30	91/9
26/08/2011	2600	1.37	44	20	14	11/17	4.0	64	6	30	91/9
27/08/2011	2600	1.37	44	20	14	11/17	4.0	64	6	30	91/9
28/08/2011	2600	1.32	43	15	14	10/15	4.0	67	6	27	91/9
29/08/2011	2600	1.32	42	15	14	10/16	4.0	67	6	27	91/9
30/08/2011	2600	1.32	42	15	14	10/16	4.0	67	6	27	91/9
31/08/2011	2600	1.32	42	15	14	10/16	4.0	67	6	27	91/9
01/09/2011	2600	1.32	42	15	14	10/16	4.0	67	6	27	91/9
02/09/2011	2600	1.32	43	15	14	10/16	4.0	67	6	27	91/9
03/09/2011	2600	1.32	44	20	13	9/15	4.0	64	6	30	91/9
04/09/2011	2600	1.35	45	20	14	11/17	4.0	65	6	26	91/9
05/09/2011	2600	1.35	45	20	14	11/17	4.0	65	6	26	91/9
06/09/2011	2600	1.35	45	20	14	11/17	4.0	65	6	29	91/9
07/09/2011	2600	1.35	44	20	14	11/17	4.0	65	6	29	91/9
08/09/2011	2600	1.35	44	20	14	11/17	4.0	65	6	29	91/9
09/09/2011	2600	1.35	44	20	14	11/17	4.0	65	6	29	91/9
10/09/2011	2600	1.35	44	20	14	11/17	4.0	65	6	29	91/9
11/09/2011	2600	1.35	44	20	14	11/17	4.0	65	6	29	91/9
12/09/2011	2600	1.35	44	20	14	11/17	4.0	65	6	29	91/9
13/09/2011	2600	1.35	44	20	14	11/17	4.0	65	6	29	91/9
14/09/2011	2600	1.35	44	20	14	11/17	4.0	65	6	29	91/9
15/09/2011	2600	1.35	44	20	14	11/17	4.0	65	6	29	91/9
16/09/2011	2600	1.35	44	20	14	10/17	4.0	65	6	29	91/9
17/09/2011	2600	1.35	44	20	14	10/17	4.0	65	6	29	91/9
18/09/2011	2600	1.35	43	20	14	10/16	4.0	65	6	29	91/9
19/09/2011	2600	1.35	44	20	14	11/17	4.0	65	6	29	91/9

F/ Complétion :

Type de boue : Boue à base d'huile (OBM)

Tableau 6 : les paramètres de boue à la complétion à Nezla-26

Date	Prof (m)	MW (sg)	FV (cp)	PV (cp)	YP	Gel 0/10	Filtrat	Huile (%)	Eau (%)	Solides (%)	H/E
20/09/2011	2600	1.35	43	20	14	11/16	4	65	6	29	91/9
21/09/2011	2600	1.35	44	20	14	11/17	4	65	6	29	91/9
22/09/2011	2600	1.35	44	20	14	11/17	4	65	6	29	91/9

Type de boue : Brine (Saumure)

Tableau 7: les paramètres de saumure à la complétion à Nezla-26

Date	Prof (m)	MW (sg)	FV (cp)	PV (cp)	YP	Gel 0/10	Filtrat	Huile (%)	Eau (%)	Solides (%)	H/E
23/09/2011	2600	1.37	-	-	-	-	-	-	91	09	-
24/09/2011	2600	1.37	-	-	-	-	-	-	91	09	-
25/09/2011	2600	1.37	-	-	-	-	-	-	91	09	-
26/09/2011	2600	1.37	-	-	-	-	-	-	91	09	-
27/09/2011	2600	1.37	-	-	-	-	-	-	91	09	-

### V.1. Introduction :

L'un des problèmes majeur qui menace de nos jours notre environnement saharien est l'augmentation de la charge polluante, notamment en métaux lourds, déversés dans le milieu naturel par les chantiers pétroliers. En effet, les risques anthropologiques que l'activité de ce secteur fait peser lourdement sur les ressources naturelles (eau, sol, flore....).

### V.2. Les méthodes utilisées dans le traitement des déblais de forage Hassi Messaoud (ONK 243) et Gassi Touil (NZ-26):

Dans le but de prendre en charge les rejets inhérents à l'activité de forage, l'industrie pétrolière a su développer un concept fondamental qui est celui de la « gestion des rejets » ou « Waste management ».

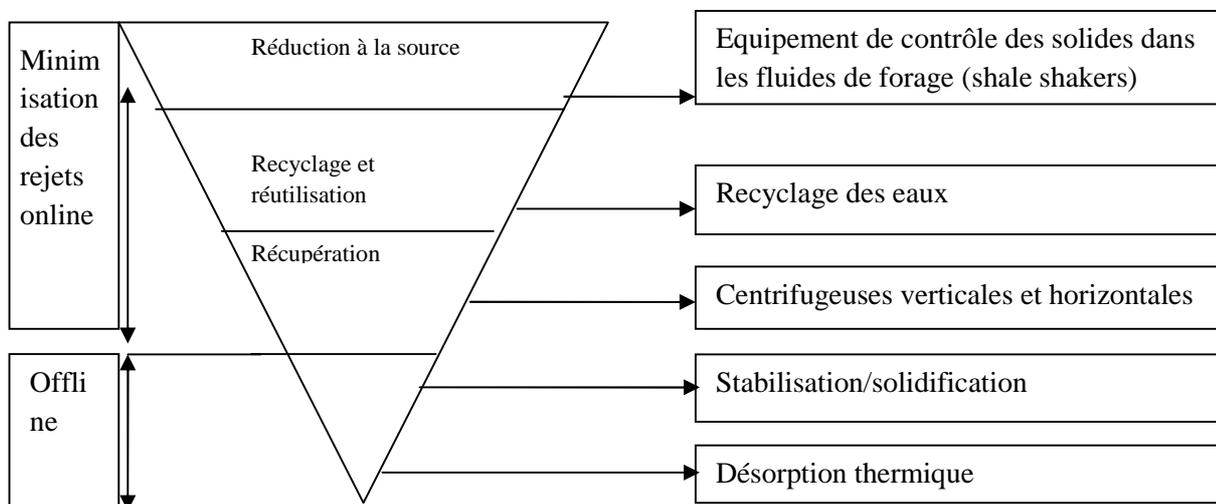
Selon ce concept, le recours au traitement n'est qu'une phase dans un processus agissant d'abord à la source. Ainsi, il est d'abord question de :

- réduire à la source ;
- recycler ;
- réutiliser ;
- traiter.

Le résidu du traitement doit aussi être pris en charge (enfouissement, stockage).

Les cinq principes du plan de gestion. [15]

#### Processus de gestion des rejets dans son ordre hiérarchique → Modes de traitement



### **Figure V.1 : présentation de traitement des déblais de forage [15]**

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.

#### **V.2.1.Traitement Primaire online (au cours du forage) :**

Le système online que SONATRACH-division de forage a commencé à implémenter 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 ;
- verticale en aval des équipements de traitement mécanique de l'appareil de forage. La centrifugeuse permet d'essorer les cuttings et de réduire le Oïl on cuttings massique de 30-35% à moins de 5% ;
- équipement pour la réutilisation des eaux de rejets. Skimmer, pompe, débitmètres.....etc.
- chemisage (liner) en polyéthylène haute densité pour étancher les bourbiers.

Le traitement se fait en même temps que le forage, les cuttings récupérées des tamis vibrants sont convoyés vers une centrifugeuse verticale avec un tamis conique au centre. Avec une capacité de traitement de 60 tonnes/h, la centrifugeuse permet de récupérer la boue à base d'huile et des cuttings a moins de 5% ou 6% massique.

La boue récupérée est envoyée vers deux centrifugeuses haute-vitesse pour éliminer les solides dont le diamètre est entre 3-5micros mètre. Elle est ensuite réinjectée dans le circuit de boue.

L'eau de rejet est aspirée du compartiment « eau » du bourbier à l'aide d'une pompe. Elle est refoulée dans un bac tampon permettant la séparation de la phase huileuse de la phase

aqueuse de la gravité. Pour contrôler la conformité de la centrifugation verticale l'on à recours aux mesures de l'OOC%. [15]



**Figure V.2 :** bourbier conventionnel (volume  $\square$  3800m<sup>3</sup>, liner de mauvaise qualité) [15]



**Figure V.3 :** bourbier wet pit (volume  $\square$  900m<sup>3</sup>, liner de bonne qualité (certifié)) [15]

### V.2.2. Traitement Offline (à la fin du forage) :

Deux méthodes différentes de traitement sont utilisées en offline à Hassi Messaoud :

- Stabilisation par solidification.
- Désorption thermique. [16]

**V.2.2.1.Procédé de traitement par Stabilisation / Solidification :**

Ce procédé consiste à stabiliser au moyen d'un produit chimique (dissilicate de sodium) toute les concentrations d'hydrocarbures et de métaux lourds contenus dans les déblais et a solidifier ces déblais par du laitier de ciment. Ce procédé de traitement est opéré au moyen d'un équipement approprié.

Après traitement, et une fois que le processus de durcissement est atteint, nous obtenons une matrice qui les incorpore en une pierre synthétique. Ce processus est particulièrement faible en présence de métaux lourds dans les déblais, du fait qu'a un certain niveau de PH donné, les métaux sont précipités tels les hydroxydes, et demeurent en capsulés a l'intérieur de la matrice de l'amalgame ou partiellement insérés dans la structure cristallisée ; ce phénomène est appelé l'encapsulation.

L'utilisation du dissilicate de sodium permet d'assurer une plus grande cristallisation, rendant le film silicaté plus imperméable autour du mélange obtenu à partir des particules déblais/ciment.

Le dissilicate de sodium étant livré sous forme de granulés solides que l'on solubilise dans l'eau, sa concentration à l'usage varie selon le taux de pollution des sols à traiter.

Les réactifs utilisés dans le traitement d'un mètre cube des déblais par le procédé stabilisation/ solidification sur le champ de Hassi Messaoud sont représentés dans le tableau ci : [16]

**Tableau V. 1 :** Les réactifs utilisés dans le traitement de solidification. [16]

<b>Fonction du produit</b>	<b>Nature (composé)</b>	<b>Nom commercial</b>	<b>Concentration (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Réactifs</b>	Oxyde de calcium 64%	Ciments portland CPJ	160-170 kg/m <sup>3</sup>
	Oxyde de silicium 21%	45	Selon la nature des cuttings
	Oxyde d'aluminium 5,5%		
	Oxyde de fer 4,5%		
	Oxyde de magnésium 2,4%		

## Annexe II

	Sulfates 1,6% Autres 1%		
<b>Réactif</b>	Sodium silicate 1,6<rapport molaire<2.6%> 80%	Dissilicate de sodium	9-15kg/m <sup>3</sup> de solution de dissilicate de sodium à 25-30%

### a-Descriptions du processus d'opérations :

1. Les déblais sont chargés à l'aide d'une pelle mécanique, et déchargés la trémie d'alimentation de l'unité, lequel est muni d'un double convoyeur ;



**Figure V.4 :** Chargement des déblais par pelle mécanique

2. de la, les déblais sont conduits mécaniquement par un autre convoyeur oblique vers le mixeur d'inertage, où s'effectue le mélange avec le laitier de ciment et la solution silicatée ;



**Figure V.5 :** Mixeur d'inertage

3. le laitier de ciment est préalablement préparé dans un mixeur spécial pour fixer la densité requise en régulant la quantité de ciment nécessaire par rapport à la typologie des sols à traiter. Le laitier de ciment est convoyé par une vis sans fin vers le mixeur d'inertage ;

4. la solution silicatée est préalablement préparée dans deux bacs mixeurs spéciaux qui fonctionnent par alternance, et dont le débit est contrôlé par une valve.

La solution silicatée est pompée vers le mixeur d'inertage et l'ajout avec les déblais et le laitier de ciment est effectué par un système de vaporisation ;

5. Le mélange (déblais /laitier de ciment/solution silicatée) rejeté par le mixeur d'inertage est versé dans une fosse réceptrice préalablement aménagée ;

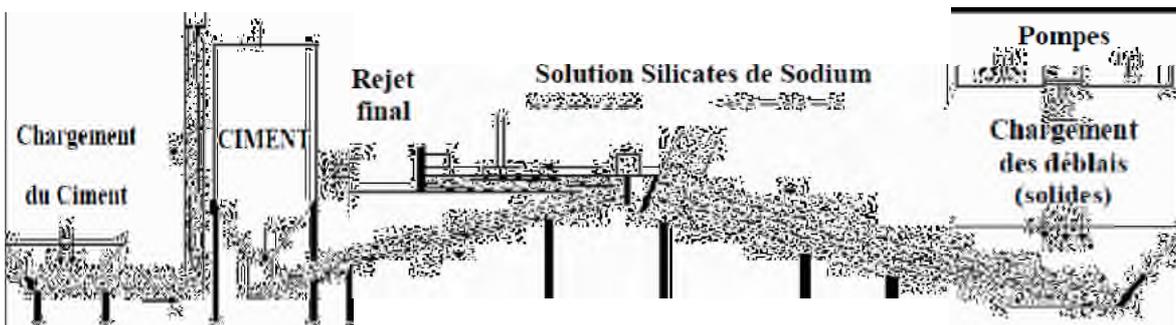


**Figure V.6 :** Une fosse réceptrice au mélange

6. le produit traité est chargé par pelle mécanique puis déposé sur une aire de séchage ;

7. après trois jours de séchage, le produit traité ayant atteint le stade de maturation est prêt à être remblayé vers les bourbiers vidés au moyen d'une pelle mécanique, cette opération ne peut toutefois être effectuée qu'après la réalisation des analyses sur les échantillons traités. [17]

**Remarque :** Les unités de traitement capables de traiter dans la pratique et en moyenne 120m<sup>3</sup>/jour à raison de 20m<sup>3</sup>/heure.



**Figure V.7:** Schéma simplifié de traitement par stabilisation/solidification

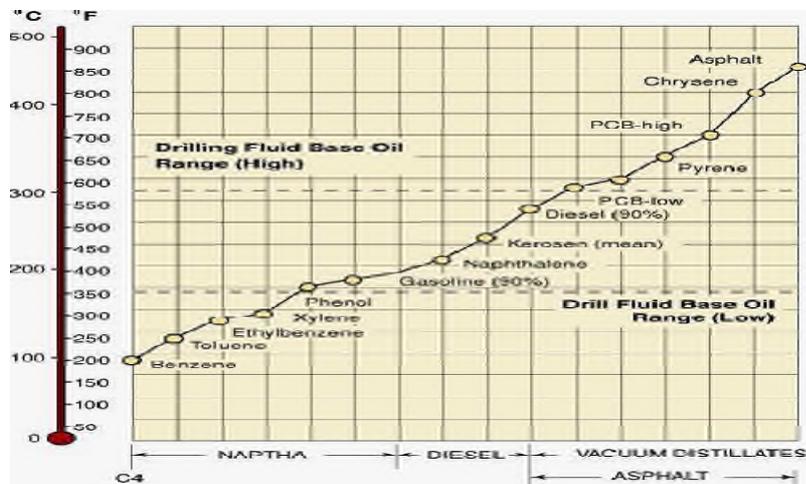
**V.2.2.2. Le procédé de Désorption Thermique :**

**a-Présentation du procédé :**

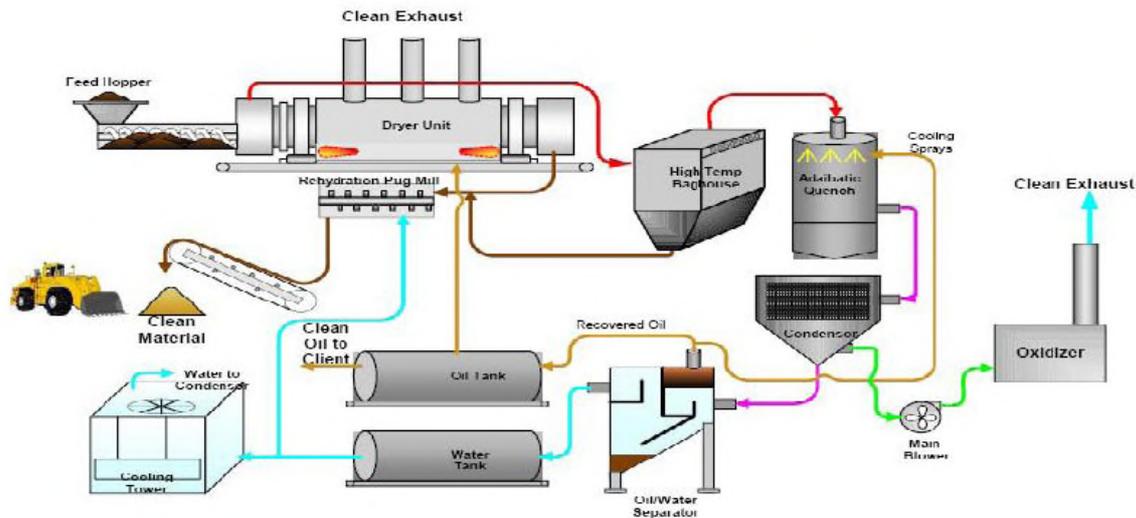
Les rejets (cuttings de forage) sont transportés à partir des bourniers vers l'unité de traitement à l'aide des camions, et stockés dans un bassin bétonné pour éviter la contamination des sols.

Ce type de traitement permet de traiter les cuttings de récupérer le gasoil, et l'eau. Les cuttings sont transportés à l'aide d'un rétro chargeur vers une grille qui retient tout élément dont le diamètre est supérieur à 10 cm tels que (le plastique, les pierres...). Les cuttings sont, ensuite, convoyés vers le débourber, four rotatif contenant quatre brûleurs alimentés au gasoil (souvent récupéré du processus). Les déblais de forage sont portés à des températures comprises entre 250°C et 550°C, selon les types de contaminants en présence.

Elles séjournent une vingtaine de minutes en moyen dans le four et 2 à 3 minutes à des températures supérieures à la température de volatilisation des polluants organiques présents dans les déblais contaminés. Dans ces conditions, les polluants organiques sont transformés en phase gazeuse et, donc, séparés des terres. Les terres traitées sont recueillies en aval du four. [17]



**Figure V.8:** La transformation des polluants en phase gazeuse en fonction de la température [17]



**Figure V.9 :** Schéma du procédé de désorption thermique [17]

- Les sols dépollués contiennent une quantité inférieure à 1% de OOC% (en masse). Les résidus sont refroidis et humectés pour éviter toute émission de poussière dans l'atmosphère pour protéger le personnel des risques d'inhalation de ces poussières ;
- Les émanations de gaz sont refoulées vers des filtres afin d'éliminer toute trace de poussière, ensuite liquéfiées et cela par refroidissement dans deux condensateurs ou l'on a séparation physique de l'eau, de l'huile et des gaz toxiques tels que le monoxyde d'azote NO, le monoxyde de carbone CO et le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>. ces derniers subissent une oxydation totale avant d'être évacués;
- L'huile (gasoil) récupérée est réutilisée pour l'alimentation des brûleurs;
- Les sols dépollués sont déposés dans des fosses ou peuvent éventuellement faire l'objet d'une valorisation;
- L'eau récupérée sera utilisée à plusieurs fins telle que:
  - Le refroidissement des polluants présent dans les condensateurs;
  - Le nettoyage;
  - L'alimentation des circuits de sécurité en cas de feu;
  - L'humidification des sols dépollués. [17]

### VI.3. Impacts relevés non traités :

- 1) Le pourcentage élevé de l'OOC (huile dans les déblais) dans le wet pit (passage du borbier conventionnel vers le nouveau design) ce qui rend le traitement impossible avec les procédés actuels;

- 2) Traitement des bourbiers de forage et qui sont repris en workover (contamination des rejets traités) ;
- 3) Les chutes des cheptels et les être humain dans les bourbiers et les réservoirs d'eaux ;
- 4) Les bourbiers des boues a base d'eau présentent des valeurs élevées de DBO, DCO et MES;
- 5) Perte de contrôle (éruption, fuite de boue, déversements...);
- 6) Les émissions atmosphériques (test de puits....). [17]

### **V.3.1.Recommandation:**

#### **V.3.1.1. La décontamination du sol :**

Assurer l'évaporation totale avant de récupérer les déchets des bourbiers ou bien utiliser « des cuttings box » pour transporter les rejets liquides vers les centres de traitement ;

#### **Substitution de la boue à base d'huile par une boue à base d'eau:**

Lancement d'études sur la possibilité de substitution de l'utilisation de la boue à base d'huile par une boue à base d'eau sur toutes les phases de forage où cette solution est techniquement réalisable; [15]

#### **L'utilisation d'autres méthodes de traitement:**

Comme nous l'avons cité précédemment, les rejets présents dans le bourbier, générés par le forage présentent un risque potentiel pour la santé humaine et les écosystèmes.

Pour éviter la diffusion des contaminants vers les profondeurs des mesures doivent être prises.

Beaucoup de paramètres sont à considérer avant de faire le choix d'une méthode de dépollution particulière : diversité des conditions locales (nature du sol, de la nappe, accessibilité, disponibilité de surface utilisable à proximité, zone urbaine ou non), pollution récente ou ancienne, étendue ou non. En plus, des exigences économiques et administratives sont à prendre en compte, on propose d'autres méthodes de traitement : [15]

#### **a- TCC :**

C'est une technologie et compagnie norvégienne de connaissances visant à définir la norme mondiale pour le traitement des boutures basée sur le pétrole et ces synthétiques avec leurs propres Thermomechanical Cuttings Cleaner (TCC) qui veut dire traitement thermomécanique des bourbiers de forage.

La méthode permet une utilisation sûre et économiquement saine de tous les composants dans les rejets traités. Son principe est le même de celui de désorption thermique,

or que cette technologie est mobile ce qui veut dire que c'est l'engin qui se déplace vers le site de traitement (lieu de borbier), cette méthode aussi et beaucoup plus meilleur que celle de la désorption thermique en matière de récupération des huiles.

-Récupérer l'huile de base : Le temps de rétention court dans la Chambre de réaction sécurise la sortie d'huile, avec les mêmes qualités que l'huile de base originale. La réutilisation de cette huile récupérée est prouvée industriellement au cours des années dans des opérations en Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni et le Kazakhstan. [15]



**Figure V.10 :** Unité de traitement TCC.

### **b-Adsorb oil :**

C'est une technique développée en argentine, qui à pour but d'éviter les incidences sur l'environnement des hydrocarbures dans des travaux d'huile.

Adsorb oil est un chiffon de plume ayant la propriété de retenir l'huile et rejeter l'eau, Son conservation d'hydrocarbure est de 100% efficacité.

L'exécution et la rapidité de ce processus est un comparatif avantageux contre d'autres technologies, particulièrement en tâches d'hygiène, ainsi qu'il y'a pas de machines spéciales requises pour l'installation et le déplacement. [15]



**Figure V.11** : l'utilisation de l'adsorb oil.

### **Modification du design du bourbier (corral pit):**

Si les puits de réservation est localisé près de la plate-forme de forage, et il peut présenter de la sûreté, cependant, on propose la suggestion suivante: le puits de réservation peut être construit environ 30 mètres loin de la plate-forme de forage et avec le moyen des découpages le réservoir et la pipe dirigée, les découpages seront rassemblés sous le déplacement plein équipements et évacué au puits comme représenté sur le schéma. [15]



**Figure V.12** : Modification de sortie de découpages.

### **V.3.1.2. Technique pour résoudre le problème de pollution atmosphérique :**

#### **Utilisation d'une méthode test « sans émission » (zéro émission dans le test du puits):**

Cette méthode permet d'effectuer les tests sur les puits sans avoir recours à la production en surface. Contrairement aux méthodes conventionnelles, cette méthode se présente en trois :

**a-closed chamber testing** : en limitant le volume produit au volume du puits.

**b-harmonie testing** : par alternation des séquences de production et réinjection.

**c-down hole production testing** : en produisant d'une couche et réinjection dans une autre couche simultanément à l'aide d'une pompe placée dans le train de test. [15]

**NB** : chacune de ces variantes présente des avantages et des inconvénients en termes de durée, aspect environnemental, simplicité, qualité des données et le cout. La décision final à prendre par les spécialistes notamment ceux du réservoir et sera fonction des résultats escomptés.

- Minimiser l'utilisation de véhicule et machine lourde par une bonne planification des activités;
- Recouvrir les matériaux qui peuvent être emportés par le vent, en particulier ceux qui puissent être polluants ou nocifs;
- La bonne dispersion des polluants par des cheminées (calcul d'hauteur d'émission) et qui doivent être équipés des cyclones ou de chambre de sédimentation. Dont la dispersion dépend:
  - des différents facteurs d'émission
  - des différents facteurs géométriques de la cheminée.

### **V.3.1.3. Autres techniques :**

- utiliser des techniques considérées comme « meilleures pratiques » en ce qui concerne le bruit et les vibrations. Ainsi, réaliser des inspections régulières selon le plan de gestion du trafic et de maintenance;
- L'installation des barrières en fil de fer autour des bourbiers et réservoirs d'eau afin de minimiser les impacts potentiels aux animaux;
- Améliorer la communication entre la division forage et la division de production afin d'éliminer le problème de contamination des rejets traités par la division forage par les opérations de productions (work over, snubing);
- D'autres recherches plus profondes sont nécessaires pour examiner les valeurs limites du pourcentage d'huile dans les déblais de forage déchargés, qui prennent en compte:
  - Les caractéristiques spécifiques du Sahara Algérien comprenant les détails : formation géologique, ressource d'eau et le climat
  - Les Meilleures Technologies Disponibles qui ne nécessite pas Le Coût Excessif. [15]

### V.4.Conclusion :

La réalisation d'un puits de forage dans la région de Hassi Messaoud, présente quelques inconvénients majeurs susceptibles de nuire à l'environnement du milieu récepteur.

Les traitements actuellement mis en œuvre sur le champ de Hassi Messaoud dans le but de réduire l'impact des déblais de forage, désorption thermique et stabilisation/solidification sont évalués par rapport à leur efficacité. Ces évaluations montrent que sur le plan de performance technique ces traitements sont équivalents, alors sur le plan écologique, il y'a des différences importantes :

- La désorption thermique est bien meilleure en matière de recyclage d'eau, d'huile et de gasoil.
- La stabilisation/solidification est meilleure en ce qui concerne les émissions atmosphériques. Sur le plan économique la stabilisation/solidification revient à environ \$380 000 par borbier, et la désorption thermique revient à environ le double \$760 000 par borbier. Pour une efficacité sensiblement équivalente, en oubliant les différences sur le plan écologique il est plus économique d'utiliser la stabilisation/solidification là ou cette technique est réalisable.
- Vue les inconvénients enregistrer dans le mode de traitement de borbier on recommande de le remplacer par la technique utilisée en Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni et le Kazakhstan, ou d'utiliser une boue à base d'eau polymère.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- [1] **Données de l'administration de SONATRACH-Division Forage**
- [2] **SONATRACH-Division Forage de département géologie IRARA à Hassi Messaoud Rapport d'implantation du forage : ONK 243, 2015**
- [3] **H.Askri, "Géologie de l'Algérie", contribution de SONATRACH division exploration, centre de recherche et développement et division Petroleum Engeneering and développement, 2003.**
- [4] **Données de l'administration de SONATRACH-Division Production**
- [5] **Introduction au forage pétrolier.**
- [6] **ENSPM (Ecole Nationale Supérieur du pétrole et de moteurs), formation industrie gisement forage, initiation au forage pétrolier, 1994.**
- [7] **Forage Rotary, "La boue de forage", Edition Technip 1972.**
- [8] **A. Salimani, "Forage pour non foreurs", 2003, division forage, département formation Sonatrach, Septembre.**
- [9] **NGUYEN J., P., "Fluide de forage", technique d'exploitation pétrolière, Le forage Technip, 1993.**
- [10] **Manuel technique des fluides de forage, MILPARK-CKS, Edition 1993**
- [11] **KHODJA Med, Etude des performances et Considérations environnementales». Université Louis Pasteur Strasbourg oe France, 2008**
- [12] **LANDRIOT G., "Fluide de forage", Edition Technip 1968.**
- [13] **MESSOUDI Amir Faysal, Évaluation des impacts de l'activité forage sur le champ de HASSI MESSOUD, 2010/2011- université M'hamed Bougara Boumerdas.**

**[14] (Les boues de forage) Formation MI-SWACO Algérie, 2011**

**[11]DE LAMBALLERIE G., ‘‘Boue à base d’huile’’, collection colloques et séminaires I.F.P, Edition technip, 1969.**

**[15]GARCIA C., PAIGOP., ‘‘Boue de forage’’, Institut Français du pétrole(IFP).**

**[16]HERZHAFT B, ‘‘les fluides de forage : par exemple de fluides complexes industriels’’36ème colloque annuelle du forage français de rhéologies (GFR 2001), Marne-la-vallée France, 10-20 octobre 2001.**

**[17]MESP (solidification analyses use the Treatment of Drill Cuttings in HASSI MESSAOUD), 2013**

**[18]MI-SWACO (Thermal Desorption use the Treatment of Drill Cuttings in HASSI MESSAOUD), 2013**

**[19] Sonatrach division production de département géologie Gassi Touil rapport fin de forage: NZ-26,2011.**

## **Résumé :**

Le forage peut être réalisé avec plusieurs techniques, le forage Hassi Messaoud (ONK 243) et le forage Gassi Touil (NZ-26) a été réalisé par le technique rotary.

Le forage rotary nécessite des moyens et des équipements, parmi eux la boue de forage, qui joue un rôle très important dans le forage, à partir de notre étude nous avons traité à la connaissance de la modification des caractéristiques de la boue de forage ;La boue à base d'eau et la boue à base d'huile qui a traversé les différentes phases de forage (ONK 243) à Hassi Messaoud et le forage (NZ-26) à Gassi Touil (phase 26'', phase 16'', phase 12''1/4, phase 8''1/2, phase 6''). Ces caractéristiques de boue sont (les caractéristiques physiques, caractéristiques rhéologiques, caractéristiques chimiques).

## **Abstract:**

The drilling can be realized with several techniques. The Hassi Messaoud's drilling (ONK 243) and the Gassi Touil's drilling (NA-26) have been realized by the rotary techniques.

The rotary drilling requires different ways and equipment. The drilling mud is the most important equipment that plays a high role in the drilling. Towards our study, we dealt with the characteristics modification knowledge of the drilling mud. the water based mud (WBM) and the oil based mud (OBM) which crossed the various drilling phases (ONK 243) in Hassi Messaoud and the drilling (NZ-26) in Gassi Touil (phase 26'', phase 16'', phase 12''1/4, phase 8''1/2, phase 6''). These mud characteristics are (the physical characteristics, the rheological characteristics, the chemical characteristics).