

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES**



Faculté des Sciences-Département de Chimie

**Mémoire de fin d'études**

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

**Domaine : Science de la Matière**

**Filière : Chimie**

**Option : Chimie de l'Environnement**

Présenté par :

**KARIM Nour-Elhouda**

***Thème***

***Techniques de traitement des eaux des borbiers de forage  
pétroliers par la méthode solidification /stabilisation***

*Devant le Jury composé de :*

<b>Mr BOUNOUGHAZ Moussa</b>	<b>professeur</b>	<b>UMBB</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>me</sup> KORICHE Nesrin</b>	<b>MCB</b>	<b>UMBB</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr HAMIDOUCHE Fahim</b>	<b>MCB</b>	<b>UMBB</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> BOUDIEB Naima</b>	<b>MCB</b>	<b>UMBB</b>	<b>Promotrice</b>

# Dédicaces

Je dédie ce travail :

- ♥ A mon très cher père Ahmed, le premier l'homme de ma vie.
- ♥ A ma très chère mère sadjia, source de ma vie.
- ♥ A mon marie ferhat et ma petite fille ranoua, les bougies de ma vie.
- ♥ A mes deux frères Ali et Aymene.
- ♥ A mes beau parentes khaled et malika pour leurs patiences soutien et leurs sentiments d'amour aux moments les plus difficiles.
- ♥ A mes beau-frère et sœurs.
- ♥ A Ma grande famille
- ♥ A tous mes collègues et amis du master filière de la chimie.

Puisse Allah les protéger et les aider tous dans leurs vies

*KARIM Nour-Elhouda*

# Remerciements

En tout premier lieu, Le grand merci au bon Dieu, qui m'a donné la force et la volonté pour dépasser toutes les difficultés.

Ce travail de recherche a été réalisé au sein de laboratoire de Centre de Recherche et de développement de Sonatrach (CRD).

Mes remerciements à tous les membres de laboratoire du CRD :Mme Saoudi, Mr Rabeh, Mme Ibtissam, Mr Jugorta, et à ma co-promotrice Mme BEDRICI

Je remercie « Mme BOUDIAB Naima » ma promotrice, pour sa disponibilité, pour son savoir-faire, ses conseils, son guide, sa tolérance et sa gentillesse. Elle m'a permis de réaliser ce mémoire dans les meilleures conditions. Sa compétence, sa patience, son enthousiasme et l'attention particulière avec laquelle elle a suivi et dirigé ce travail ont permis son aboutissement à temps. J'ai acquis une méthodologie de travail bien organisée afin de ne pas se tromper de chemin.

A l'adresse de « Mr BOUNOUGHAZ Moussa » professeur à l'université de M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES, j'exprime mes plus vifs sentiments de très hautes considérations d'avoir accepté de présider le jury, ceci m'honore amplement.

Nous remercions vivement les membres du jury « Mr HAMIDOUCHE Fahim » professeur à l'université de M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES , ainsi que « Mme KOURICHE Nesrin » professeur à l'université de M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES qui nous ont fait le grand honneur pour la lecture de ce mémoire et aussi d'avoir accepté de juger mon travail, qu'ils trouvent ici l'expression de nos sentiments les meilleures et nos remerciements les plus sincères en guise de notre humble reconnaissance .

# Sommaire

## Introduction

### Chapitre I : Présentation du Champ Hassi Messaoud

I. Historique du champ de "HassiMessaoud".....	4
I.1. Situation Géographique .....	4
I.2. Situation géologique.....	5
I. 3. Cadre géologique du champ de Hassi Messaou.....	6
I.4. Représentation lithologique du gisement de HMD.....	8
I.5. Activités industrielles de la région de Hassi Messaoud .....	8

### Chapitre II : Forage pétrolier et la pollution

II .1. Le forage pétrolier.....	10
II.1.1. Définition de forage.....	10
II.1.2. Fluides de forage .....	11
II.1.2.1. Définition de fluide de forage .....	11
II.1.2.2. Propriétés des fluides de forage .....	11
II.1.2.3. Classification des fluides de forage.....	11
II.1.2.4. Composition chimique de la boue de forage .....	12
II.1.3. Le devenir des rejets de fluides de forage .....	14
II.1.4. Les hydrocarbures .....	15
II.1.4.1. Définition et propriétés .....	15
II.1.4.2. Classification des hydrocarbures .....	16
II.1.4.3. Propriétés physico-chimiques des hydrocarbures.....	17
II.1.4.4. Le polluant majoritaire dans les hydrocarbures; le Gasoil.....	17
II.2. La pollution .....	18
II.2.1. Définition de la pollution.....	19
II.2.2. Pollution par les hydrocarbures .....	19
II.2.3. Toxicité .....	19

II.2.3.1. Par les hydrocarbures .....	19
II.2.3.2. Par les métaux lourds .....	19
II.2.4. Pollution des sols.....	20
II.2.5. Impact sur l'environnement .....	21

### **Chapitre III : Procèdes de traitement des boues de forage**

III.1. Définition de la dépollution .....	23
III.2. Généralité sur les techniques des traitements .....	23
III.2.1. Traitements biologiques- bioremédiation .....	23
III.2.2. Traitement mécanique ( ON-LINE) .....	24
III.2.3. Traitements thermiques ( OFF-LINE).....	25
III.2.4. Traitements chimiques (OFF-LINE).....	27
III.3.1. Les effluents liquides.....	30

### **Chapitre IV : Matériels et méthodes**

IV.1. Méthodes de caractérisations .....	33
IV.1.1. Paramètres physico chimique .....	33
IV.1.2. Paramètres indicateurs de pollutions .....	35
IV.2. Analyse laborantine de méthode de traitement S/S .....	41

### **Chapitre V : Résultats et discussions**

V.1. Caractéristiques physico-chimiques du borbier .....	47
1. Détermination de pH.....	47
2. Mesure de la conductivité (ms/cm).....	47
3. Evaluation des MES (mg/L).....	48
4. Evaluation de la turbidité .....	48
5. Évaluation de la DCO et la DBO <sub>5</sub> .....	49
V.2. Analyse les paramètres indicateurs de pollutions .....	51
V.3. Carbone organique total .....	53
V.4. Dosage des hydrocarbures totaux .....	54
V.5. Analyse des métaux lourds.....	55

**VI. Conclusion générale .....59**

**Référence bibliographiques**

**Annexe**

## Liste des tableaux

**Tableau II-1:** Propriétés des hydrocarbures.

**Tableau III-1:** Les réactifs utilisés dans le traitement de solidification.

**Tableau III.2 :** Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels selon le décret n°06-141 et valeurs limites garanties contractuellement.

**Tableau IV.1 :** Facteur de conversion de la DBO5 en fonction du volume de prise.

**Tableau IV.2:** Représentation des avantages et les inconvénients de chaque méthode.

**TABLEAU N°1 :** Constante physiques de quelque alcane.

**TABLEAU N°2 :** Constante physiques de quelque cyclane.

**TABLEAU N°3 :** Constante physiques de quelque hydrocarbure aromatique.

**TABLEAU N°4 :** Constante physiques de quelques hydrocarbures insaturés.

## Liste des figures

**Fig. I.1 :** Carte géologique du champ de Hassi Messaoud.

**Fig. I.2 :** Colonne stratigraphique du champ de HMD.

**Fig. II.1 :** les bourbiers de forage.

**Fig. II.2 :** Schéma des types de pollutions.

**Fig. III.1 :** Unité de traitement on-line.

**Fig. III.2 :** Procédé de traitement par Désorption Thermique.

**Fig. III.3 :** Principe du procédé de traitement des déblais de forage par cimentation (Inertage).

**Fig. III.4 :** L'unité de Solidification des déblais de forage (Dry cuttings).

**Fig. IV.1 :** Schéma des différentes étapes explicitant l'atomisation et L'excitation d'un élément dans le plasma.

**Fig. IV.3 :** centrifugeuse.

**Fig. IV.4 :** eau de bourbier avec ses déblais.

**Fig. IV.5 :** Traitement des déblais de forage par cimentation (Inertage).

**Fig. IV.6 :** Unité Thermique.



## Liste des abréviations

**SONATRACH** : Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures.

**HMD** : Hassi Messaoud.

**Méthode S/S** : méthode stabilisation- solidification

**AV/TR** : Avant/ Traitement.

**AP/TR** : Après/ Traitement.

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène.

**DBO5** : Demande Biochimique en Oxygène durant 5 jours.

**HAP** : Hydrocarbure aromatique polycyclique

**COT** : Carbone organique total

**TC** : Carbone Total.

**TIC** : Carbone Inorganique Total.

**CPG** : Chromatographie en Phase Gazeuse.

**pH**: Potentiel d'Hydrogène.

**SAA** : Spectrométrie d'Absorption Atomique.

**SEA** : Spectrométrie d'émission Atomique.

Introduction générale

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

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

Depuis 1990 l'état Algérien par l'intermédiaire de la Sonatrach a entrepris une stratégie pour la protection de l'environnement à partir des législations nationales en vigueur, dépensant de grands budgets.

Jusqu'à maintenant il y a une quantité de rejets liquides qui pénètrent au niveau de la nappe phréatique nécessitant des techniques de traitement appropriées.

L'Algérie n'est pas à l'abri de ces phénomènes en raison des opérations de forage et d'exploitation des unités de production et de raffinage qui génèrent une quantité importante de rejets industriels solides et liquides. Ces rejets stockés dans des endroits appelés bourbiers renfermant des produits toxiques tels que des métaux lourds et des polluants organiques. Ces derniers provoquent des problèmes qui menacent l'homme, la faune et la flore.

Les lois de l'environnement exigent des traitements adéquats de ces déchets industriels afin d'éviter une éventuelle dégradation. Les conditions actuelles de traitement de ces rejets reposent essentiellement sur leur stabilisation/ solidification. Cependant, quelques questions subsistent à savoir :

- Est-ce que ce traitement réduit réellement et efficacement les polluants organiques et minéraux ?
- Quelle est la meilleure formulation de traitement qu'on peut proposer pour traiter ces rejets ?

Pour répondre à ces questions et dans le cadre des travaux relative à mettre en place, nous avons effectué une série d'analyses physico-chimiques au niveau de laboratoire du CRD

sur des rejets liquides avant et après traitement dont le but d'évaluer la qualité du traitement effectué. Des solutions ont été proposés dans ce mémoire afin de réduire l'influence des éléments toxiques.

Ce travail est organiser en cinq chapitre :

- Dans le premier chapitre nous présentons une description du champ de Hassi Messaoud ainsi que ses caractéristiques géologiques et géographiques.
- Le deuxième chapitre représente des notions théoriques concernant le forage pétrolier, les fluides, les bourbiers ainsi que la pollution par les hydrocarbures.
- Dans le chapitre trois nous abordons les différents procédés de traitement des bourbiers de forage et des détails de la technique solidification/stabilisation ont été donnés.
- Le chapitre quatre présentes la méthodologie de travail ainsi que tous les appareils et les équipements nécessaires pour cette étude.
- Le cinquième chapitre regroupe la discussion des résultats expérimentaux obtenus.
- Une conclusion générale clôt ce travail.

# CHAPITRE I

## **Présentation du Champ Hassi Messaoud**

## **I. Historique du champ de "Hassi Messaoud"**

Le Gisement de "Hassi Messaoud", l'un des plus importants du monde s'étend sur une superficie voisine de 2500 Km<sup>2</sup>. Découvert en 1956 et mis en production généralisée en 1958, le premier forage HMD en mai 1957 [1].

De 1957 à 1958, 20 puits ont été forés et la réalisation des unités de séparation ont permis la mise en exploitation du champ (sa production pour l'année 1958 a été de l'ordre de 0.4 million de tonnes).

De 1959 à 1964, 153 puits ont été mis en exploitation à la fin de période démarrage des deux premières stations de réinjection de gaz à haute pression (UCI pour HMD nord, et SCI pour HMD sud), sept puits injection ont été équipés (1 phase de récupération IRE) Une moyenne de forage entre 1963 et 1967 est de 8 puits/année. Jusqu'à 1975, 262 puits ont été forés dont 222 exploitables.

En 2000 le nombre de puits forés a atteint 1096 dont 783 producteurs d'huile, 100 puits injecteurs de gaz et 37 puits injecteurs d'eau. On compte aussi 129 puits secs et 47 producteurs d'eau.

Le champ de "Hassi Messaoud" est subdivisé en 25 zones dites de production, d'extension variable, ces zones sont relativement indépendantes et correspondent à un ensemble de puits communiquant entre eux et se comportent de la même manière du point de vue pression de gisement. Les puits d'une même zone drainent conjointement une quantité d'huile en place bien établie.

### **I.1. Situation Géographique**

Le champ de "Hassi Messaoud" se situe à 850 km sud/sud-est de l'Algérie et à 350 km de la frontière tunisienne, sa localisation en coordonnées Lambert sud Algérie est la suivante :

$$X= 790000 - 840000 \text{ m}$$

$$Y= 110000 - 150000 \text{ m}$$

## I.2. Situation géologique

Le champ de Hassi Messaoud est considéré comme étant le plus grand gisement de la province triasique, situé au Nord Est de la plate forme saharienne où il occupe sa partie centrale. Le champ correspond au prolongement vers le Nord de la dorsale d'Amghid El Biod, il est limité :

- Au Nord par la structure Djamaa-Touggourt.
- A l'Ouest par la dépression d'Oued Mya.
- A l'Est par la dépression de Dahar.
- Au Sud par la dépression d'Amguid [2]

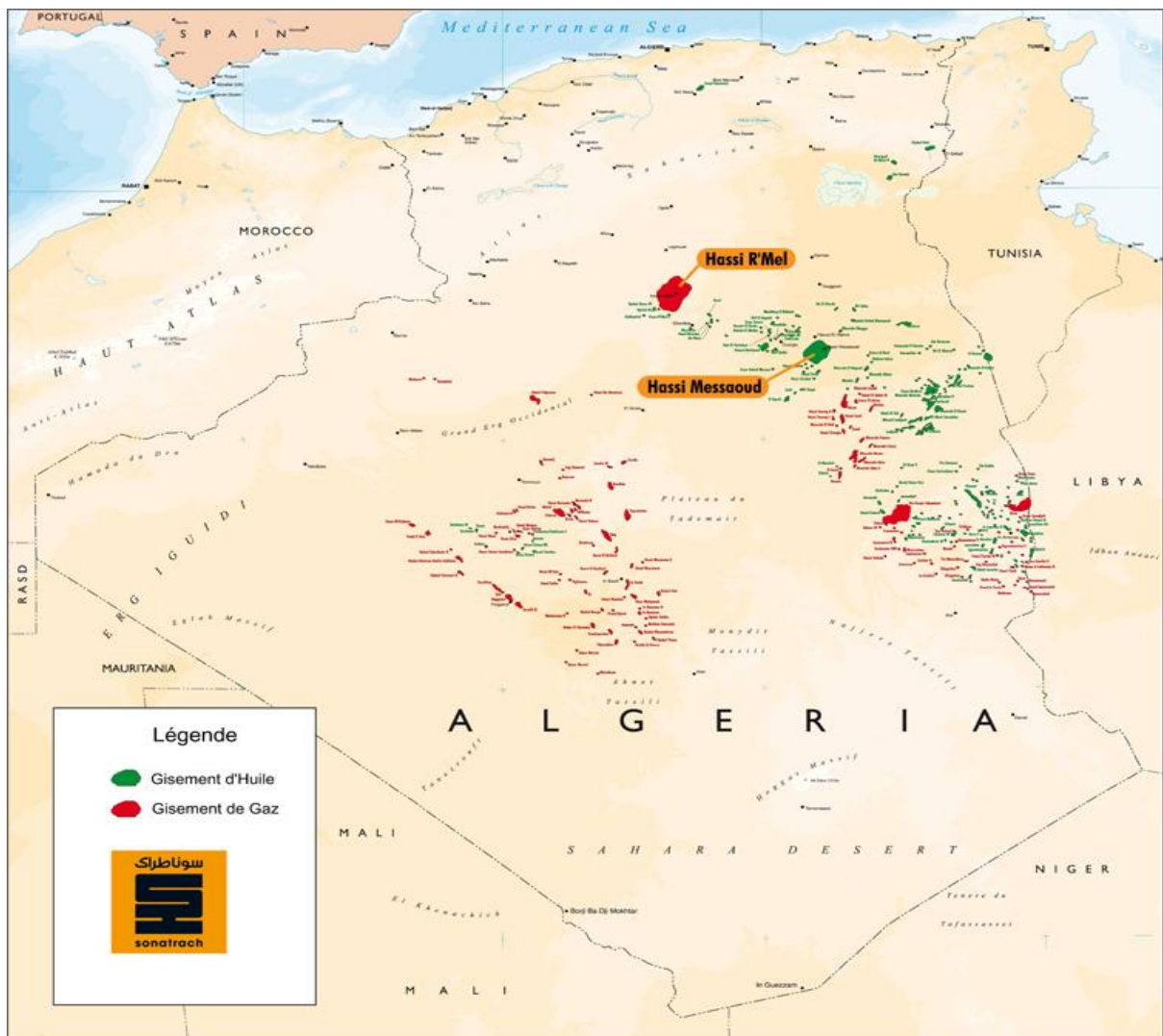


Fig I-1 : Carte géologique du champ de Hassi Messaoud

## **I. 3. Cadre géologique du champ de Hassi Messaou**

### **I.3.1. Aspect structural et tectonique du champ**

Le champ de Hassi Massoud se trouve sur la partie Nord de la zone haute El Biod Hassi Messaoud formée par une suite de Horsts et Grabens limités par des failles allant généralement dans une direction subméridienne.

Les dimensions de cette structure atteignent approximativement 45x54 Km avec une superficie imprégnée d'huile de 1143 Km, et une zone de transition d'environ 400 Km. La profondeur moyenne de la zone productrice varie entre 3400 et 3600 m. La cote absolue de l'interface huile-eau est estimée à 3380 m.

Deux failles principales traversent le gisement dans sa partie centrale contrôlant une zone d'effondrement et une troisième a soulevé un bloc sur son flanc Ouest. Ces failles traversent toutes les couches « Cambriennes » et atteignent parfois le « Crétacé » ou ne dépassent légèrement la discordance « Hercynien » vers le haut de la structure, l'amplitude s'adoucit progressivement et elle diminue de valeur, puis s'étend complètement à partir des séries « Jurassiques » [3].

### **I.3.2. Aspect stratigraphique**

La série stratigraphique du champ de "Hassi Messaoud" est représentée de haut en bas par des couches suivantes: [4]

**a) Cénozoïque**

⇒ Mio-Pliocène

⇒ Eocène

**b) Mésozoïque**

⇒ Crétacé

⇒ Jurassique

⇒ Trias

**c) Paléozoïque**

⇒ Ordovicien

⇒ Le Cambrien

⇒ L'infracambrien



d) **Le Socle** : Rencontré aux environs de la profondeur de 4000 m, il est constitué de granite porphyroïde de couleur rose à deux micas.

Les couches stratigraphiques sont bien détaillé dans la figure I-2

ERE	SYST	ETAGES	Ep moy	DESCRIPTION	
CENO-ZOIQUE	NEOGENE	MIO-PLIOCENE <i>discordance alpine</i>	240	Sable, calcaire, marne sableuse	
		EOCENE	120	Sable, calcaire à silex	
MESOZOIQUE	CRETACE	SENOMIEN			
		CARBONATE	107	Calcaire, dolomie, anhydrite	
		ANHYDRITIQUE	219	Anhydrite, marne, dolomie	
		SALIFERE	140	Sel massif et traces d'anhydrite	
		TURONIEN	90	Calcaire crayeux avec quelques niveaux argileux	
		CENOMANIEN	145	Anhydrite, marne, dolomie	
		ALBIEN	350	Grés, sable avec intercalations d'argile silteuse	
		APTIEN	25	Dolomie cristalline avec niveau argileux, calcaire	
		BARREMIEN	280	Argile, grés, dolomie	
	NEOCOMIEN	180	Argile, marne, dolomie, grés		
	JURASSIQUE	MALM	225	Argile, marne, calcaire, grés et traces d'anhydrite	
		DOGGER	ARGILEUX	105	Argile silteuse, marne dolomitique avec fines passées de grés
			LAGUNAIRE	210	Anhydrite, marne dolomitique, marne grise
		LIAS	L.D 1	65	Dolomie, anhydrite, argile
			L.S 1	90	Alternances sel, anhydrite et argile
			L.D 2	55	Anhydrite et dolomie cristalline
			L.S 2	60	Alternances sel et argile
			L.D 3	30	Alternances de dolomie et de marne
		TRIAS	SALIFERE	TS 1	46
	TS 2			189	Sel massif à intercalations d'anhydrite et argile gypsifère
	TS 3			202	Sel massif et traces d'argile
	ARGILEUX		113	Argile rouge dolomitique ou silteuse injectée de sel et d'anhydrite	
	GRESEUX		35	Grés, argile	
ERUPTIF <i>discordance hercynienne</i>	0-92		Andésites altérées		
PALEOZOIQUE	ORDOVICIEN	QUARTZITES D'EL HAMRA	75	Quartzites fines avec traces de tigillites	
		GRES D'EL ATCHANE	25	Grés fins à ciment argileux, bitumineux	
		ARGILES D'EL GASSI	50	Argiles schisteuses, vertes ou noires, glauconieuses à graptolithes	
		ZONE DES ALTERNANCES	20	Alternance de grés et argile. Présence de tigillites	
	CAMBRIEN	Ri	50	Grés isométriques, fins, silteux	
		Ra	120	Grés à grés quartzitiques anisométriques à niveaux de silts	
		R2	100	Grés moyens à grossiers à ciment argileux illitique	
		R3	300	Grés grossier à ciment argileux, argile silteuse	
	INFRA-CAMBRIEN	45	Grés argileux rouges		
	SOCLE				Granite porphyroïde rose

Fig I-2 : Colonne stratigraphique du champ de HMD

#### **I.4. Représentation lithologique du gisement de HMD**

Le réservoir de "Hassi Messaoud" se situe dans le Cambro-ordovicien vers 3300m, il est de forme anticlinale. La roche couverte est constituée par le complexe argilo-gréseux et salifère du trias. La structure développée suit une direction générale nord et sud est. Ce sont des sédiments cambrien saturés en huile, constitués essentiellement de grès hétérogènes fin à très grossiers argentés. Le réservoir est constitué de 4 zones superposées R1(Ri+Ra), R2 et R3 . Ayant des différences physique et pétrographiques fondamentales.

#### **I.5. Activités industrielles de la région de Hassi Messaoud**

Le champ pétrolier de HMD, considéré comme l'un des dix plus grands champs pétroliers au monde, produit actuellement plus de 400 000 barils par jour, il compte actuellement (jusqu'au 10/09/2009) 1393 puits de différents types, à savoir : [5]

- ✓ 921 Puits producteurs de brut.
- ✓ 62 Puits producteurs d'eau.
- ✓ 57 puits injecteur d'eau.
- ✓ 115 Puits injecteur de gaz.
- ✓ 112 Puits abandonnés (huile + gaz + eau)
- ✓ 85 puits inexploitable
- ✓ 41 puits secs

## CHAPITRE II

# Forage pétrolier et la pollution

L'extraction du pétrole nécessite une opération très complexe et très délicate appelée « le forage ». Dans l'industrie pétrolière le puits de forage joue un rôle important pour atteindre l'objectif, qui est l'extraction du pétrole brut, pour cela l'utilisation des boues ou fluides spécialement préparés est indispensables. Le résultat de cette démarche est bien sûr bénéfique aux industrielles mais néfaste pour l'environnement, on parle là « des bourbiers de forage pétrolier », la composition et classification de ces derniers sera détaillé dans la suite de ce chapitre.

Les bourbiers sont les produits des activités industrielles et pétroliers, pour comprendre ces processus qui sont très compliqué et diversifiés. Dans ce contexte notre étude donne un aperçu général sur le forage pétrolier et les différentes phases de réalisation de ces projets ainsi que les fluides de forages.

La pollution en générale résulte des conséquences des déverses activités humaines (industrielle, agricoles, ...) cumulées au cours des temps. Ces pollutions négligées jusqu'à une époque relativement récente deviennent aujourd'hui une préoccupation majeure en raison de leurs conséquences, environnementales, socio-économique...etc.

De nos jours, la réglementation environnementale de plus en plus contraignant, les améliorations des procédés et des pratiques de protection de l'environnement, l'application est suivie par des principes du développement durable et la gestion améliorée des déchets limitent de plus en plus l'impact polluant de ces diverses activités humaines.

## **II .1. Le forage pétrolier**

### **II.1.1. Définition de forage**

On appelle « forage pétroliers » l'ensemble des opérations permettant d'atteindre les roches poreuses et perméables du sous-sol susceptible de contenir des hydrocarbures liquides ou gazeux.

Le succès d'une opération de forage est assuré par plusieurs facteurs, parmi lesquels celui du choix des fluides de forage. Ces fluides dites complexes, du fait de leur nature même, et appelés plus classiquement « boues de forage », sont le plus souvent des émulsions/ suspension, de divers constituants dont les fonctions sont multiples. [4]

## **II.1.2. Fluides de forage**

### **II.1.2.1. Définition de fluide de forage**

Le fluide de forages, appelé aussi boue de forage, est un système composé de différentes constituantes liquides (eau / huile) et / ou gazeux (air, gaz naturelle) contenant en suspension d'autres produits minéraux et organique (argiles, polymères, tensioactifs, déblais, ciments, ...etc). Ces produits doivent conférer à la boue des propriétés de telle façon que le rendement au cour du forage soit élevé.

### **II.1.2.2. Propriétés des fluides de forage**

Ses principales caractéristiques sont :

- La masse volumique ou densité : elle constitue un paramètre essentiel dans le maintien des parois du trou et les fluides en place dans les formations géologiques traversées [6].
- La viscosité : c'est la caractéristique qui permet au fluide de suspendre et par conséquent, transporter les déblais [7].
- Le filtrat : c'est l'eau qui pénètre dans la formation géologique pour permettre le dépôt d'une couche de solides, appelée cake, qui enveloppe les parois du puits [7].

### **II.1.2.3. Classification des fluides de forage**

Les boues de forage sont classées en trois catégories selon le fluide de base utilisé dans leur préparation : l'eau, l'air ou l'huile. On distingue :

#### **a. Fluide de forage à base d'eau (WBM)**

Ces fluides sont souvent désignés par « Water-Based Muds » ou WBM. Ils sont dans la plupart des cas constitués par des suspensions de bentonite dans l'eau (30 à 60 g/L).

Exemple d'une formulation de WBM:

76% d'eau, 14% de barite (alourdissant), 6% d'argile, 4% d'additifs.

## **b. Fluide de forage à base d'huile (OBM)**

Les fluides de forage à base d'huile généralement dénommé « Oil-Based Muds » ou OBM., sont des fluides dont la phase continue est une huile minérale (pétrole brut, fuel, gasoil,) la phase la plus utilisés était le gasoil.

Les fluides de forage à base contenant plus de 5% d'eau sont appelés boues de forage à émulsion inverse ; avec moins de 5% d'eau, on a les boues à l'huile (IDF,1988)

Exemple d'une formulation d'OBM:

46% d'huile, 33% de barite, 18% d'eau saumâtre, 2% d'émulsifiant, 1% de gélifiant.

## **c. Fluide de forage gazeux**

Ce sont des fluides dont la phase continue est du gaz, mélangé avec de l'eau à des proportions variables, le gaz peut être de l'air ou du gaz naturel, et peut appartenir à une mousse ou à un brouillard.

### **II.1.2.4. Composition chimique de la boue de forage**

Dans leur composition, les boues utilisées contiennent plusieurs substances chimiques qui sont connues pour le risque qu'elles présentent pour la pollution et l'endommagement des sols et des sous-sols.

Chaque type de boue fait appel à des additifs différents, il est difficile de définir clairement un mode général de fabrication, d'entretien, et de traitement [4].

Ces produits sont classés par familles :

#### **1/ Colloïdes argileux**

- ✓ Les bentonites
- ✓ Les attapulgites

#### **2/ Colloïdes organiques ou Réducteur de filtrat**

- ✓ Amidons
- ✓ CMC (Carboxy Methyl Cellulose)

#### **3 / Fluidifiants ou réducteur de viscosité**

- ✓ Les polyphosphates
- ✓ Les tanins

- ✓ Les lignosulfonates
- ✓ Les lignines chromes
- ✓ L'eau

#### **4 / Les additifs minéraux**

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

#### **5 / Produits organiques spéciaux**

- ✓ Les anti-ferments
- ✓ Les anti-mousses
- ✓ Les anti-coincements
- ✓ Les anti-corrosions
- ✓ Les anti-bourrant

#### **6 / Alourdissant**

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

#### **7 / Les colmatant**

- ✓ Colmatant organiques
- ✓ Colmatant fibreux
- ✓ Colmatant lamellaires
- ✓ Colmatant gonflants
- ✓ Colmatant a prise (liants hydrauliques).

#### **.8 / Composants indésirable**

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

**a. Hydrocarbures :** Quand une formation traversée contient des hydrocarbures, le fluide de forage se trouve contaminé par l'huile de la formation. L'huile de certaines formations est un composant indésirable car il contamine les déblais [8].

**b. Métaux lourds :** Les métaux lourds peuvent se mélanger avec les fluides de forage selon deux cas:

- ✓ Les formations forcées contiennent l'arsenic, le baryum, le cadmium, le chrome, le plomb et le mercure.
- ✓ Les additifs des fluides de forage contiennent du baryum qui vient des agents alourdissant de la baryte et du chrome qui vient des défoolant chrome-lignosulfonate. Baryte minéral, utilisée pour le contrôle de la densité, peut avoir de grandes quantités naturelles de cadmium et de mercure. [8]

**c. Sels :** La concentration des sels, comme le chlorure de sodium ou de potassium dans les fluides de forage peut aussi considérablement augmenter, spécialement quand les puits forés traversent des dômes de sel ou des formations ayant de l'eau très salée.

### **II.1.3. Le devenir des rejets de fluides de forage**

A la sortie du puits, le fluide de forage remonte, chargé de déblais. Ces derniers séparent du fluide de forage par tamisage, sont rejetés dans une grande excavation, réalisée à cet effet, appelée « Bourbier ».

#### **II.1.3.1. Les bourbiers**

Le dictionnaire français Larousse, définit un bourbier comme une dépression du sol remplie d'une boue épaisse. C'est une situation difficile. En matière d'exploitation pétrolière, une panoplie des produits chimiques est employée dans la formulation des boues de forage. Ces composés de natures différentes et dont la toxicité et la biodégradabilité sont des paramètres mal définis et déversés dans la nature. Les hydrocarbures constituent un majeur des boues à base d'huile. Bien sûr, d'autres produits spéciaux (tensioactif, polymère) sont ajoutés pendant l'opération de forage. Ces rejets sont généralement stockés dans des endroits, appelés ' bourbiers' [8].

La figure donne des images sur les bourbiers :





**Fig II-1** : les bourbiers de forage.

Le borbier contient la même composition que celle des boues de forage utilisées (eau, huile, bentonite,) en plus les déblais, du pétrole brut et les composants du sol foré. Les principaux contaminants que l'on est susceptible de rencontrer sont : les huiles, les métaux lourds et les sels. Un borbier à Hassi Messaoud, en fin de forage, peut contenir jusqu'à 600 m<sup>3</sup> de gasoil rejeté dans la nature.

Durant le stockage momentané dans le borbier, et dans l'attente des techniques de traitement, souvent il faut compter des mois, voire des années pour procéder à une méthode de réhabilitation, les hydrocarbures s'évaporent, s'infiltrent, s'adsorbent et peuvent causer de néfastes effets sur l'environnement [4].

## **II.1.4. Les hydrocarbures**

### **II.1.4.1. Définition et propriétés**

Les hydrocarbures sont des molécules composées d'hydrogène ( H) et de carbone (C), avec parfois d'autres atomes entre autres d'oxygène ou d'azote.

On distingue plusieurs familles d'hydrocarbures à la base de structure des molécules. Elles peuvent posséder des liaisons simples (alcane, cycloalcanes), doubles (alcènes, polyènes) ou triples (alcynes et hydrocarbures aromatiques), être linéaires ou cycliques (cycloalcanes et hydrocarbures aromatiques). Ces différentes familles d'hydrocarbures possèdent des propriétés physicochimiques variables (température d'ébullition, densité...).

Le tableau II-1 donne les caractéristiques des principaux hydrocarbures rencontrés dans le ruissellement pluvial et notamment celles de l'essence, mélange complexe d'hydrocarbures. (Norme XPP 16-442) [9].

**Tableau II-1:** Propriétés des hydrocarbures

Liquide	Densité	Séparabilité de l'eau	Solubilité
Diesel	0.85	oui	Quasiment insoluble
Mazout léger	0.87	oui	Quasiment insoluble
Mazout lourd	0.99	Non	soluble
pétrole	0.7 à 0.75	oui	Quasiment insoluble
kérosène	0.8	oui	-
Essence	0.68	oui	-

### II.1.4.2. Classification des hydrocarbures

Le carbone et l'hydrogène peuvent former des molécules saturées, linéaires ou cycliques et parmi les molécules cycliques, certaines d'entre elles peuvent être classé à part grâce à un type particulier d'insaturation. On distingue donc trois types d'hydrocarbures:

#### II.1.4.2.1. Les hydrocarbures saturés

##### a) Alcanes

- On constate que par addition successives d'atomes de carbone liés à deux hydrogènes, on forme une famille de composés ayant pour formule générale  $C_nH_{2n+2}$ . Parmi lesquels, on distingue: Les alcanes linéaire : (n-alcanes). Dont la longueur de chaîne varie de 7 à 40 atomes de carbone et constituent des classes les plus abondantes (10 à 40 % des hydrocarbures totaux d'un brut pétrolier).
- Les alcanes ramifiés : Les plus abondants sont les iso-alcanes (groupement méthyle en position 2), les autres composés ramifiés antéiso (groupement méthyle en position 3) ou poly ramifiés tels que les iso-prénoides (exemple : pristane, phytane) sont beaucoup moins nombreux. Ces composés se trouvent dans le pétrole brut dans proportions sensiblement égales à celles des n alcanes. (Pour plus de détail voir le tableau N° 1, ANNEXE1).

**b) Cyclanes :** Les chaînes hydrocarbonées saturées peuvent se fermer sur elle-même en formant des cycles. Il s'agit des cyclanes, plus communément appelés naphtène. Chaque atome de carbone du cycle est lié à deux atomes d'hydrogène et la formule générale des cyclanes est  $(CH_2)_n$  ou  $C_nH_{2n}$ . (Plus de détail voir le tableau N°2, ANNEXE)

#### **II.1.4.2.2. Les hydrocarbures insaturés**

**a) Alcènes :** Les alcènes présentent un déficit en hydrogène ; ils ne sont pas saturés Les alcènes sont des hydrocarbures présentant une double liaison  $C=C$  dans leur squelette carboné. Leur formule générale est donc  $C_nH_{2n}$ .

**b) Cyclènes :** Il existe peu de représentant de ce type d'hydrocarbures, possédant une double liaison  $C=C$  leur formule générale est donc  $C_nH_{2n-2}$ .

**c) Alcynes :** Ces hydrocarbures sont caractérisés par la présence dans leur molécule d'une triple liaison  $C\equiv C$  la formule générale est  $C_nH_{2n-2}$ . (Voir Tableau N° 4, ANNEXE 1).

#### **II.1.4.2.3. Les hydrocarbures aromatiques**

Plusieurs familles d'hydrocarbures aromatiques et poly-aromatiques dont le nombre de noyaux varie de 2 à 6 sont présentes dans les pétroles bruts. Ces composés sont dominés par des composés mono-, di- et tri-aromatiques. En général, les hydrocarbures aromatiques sont moins abondants que les alcanes, et ne représentent que 10 à 30% des hydrocarbures totaux d'un brut pétrolier. (Voir Tableau N°3, ANNEXE 1).

#### **II.1.4.3. Propriétés physico-chimiques des hydrocarbures**

Les caractéristiques physiques des hydrocarbures tels que la structure, la masse molaire, le point d'ébullition ainsi que la densité sont représentés dans les tableaux: N°1, N°2, N°3, N°4, ANNEXE 1.

#### **II.1.4.4. Le polluant majoritaire dans les hydrocarbures; le Gasoil**

Le gasoil, l'un des principaux produits de la distillation du pétrole brut, connu par son nom commercial « diesel » est parmi les carburants les plus utilisés dans le monde, ce qui fait de lui une source permanente de pollution du sol et des eaux [10]. Il est composé d'hydrocarbures saturés (n- alcanes, naphtènes) à plus de 60 % et de composés aromatiques à 40 % [11], le carbone contenu dans le diesel est de 86,27 % tandis

que l'hydrogène est de 13,38 %. C'est une catégorie intermédiaire entre les légers et les lourds avec une masse volumique à 15°C comprise entre 820 et 860 kg/m<sup>3</sup> [11-13].

## II.2. La pollution

### II.2.1. Définition de la pollution

La pollution est une dégradation de l'environnement par l'introduction de l'air, l'eau ou le sol de matière n'étant pas présentes naturellement dans le milieu. Elle entraîne une perturbation de l'écosystème dont les conséquences peuvent aller jusqu'à la migration ou l'extinction de certaines espèces incapables de s'adapter au changement [14].

Il existe plusieurs types (Fig II-2)

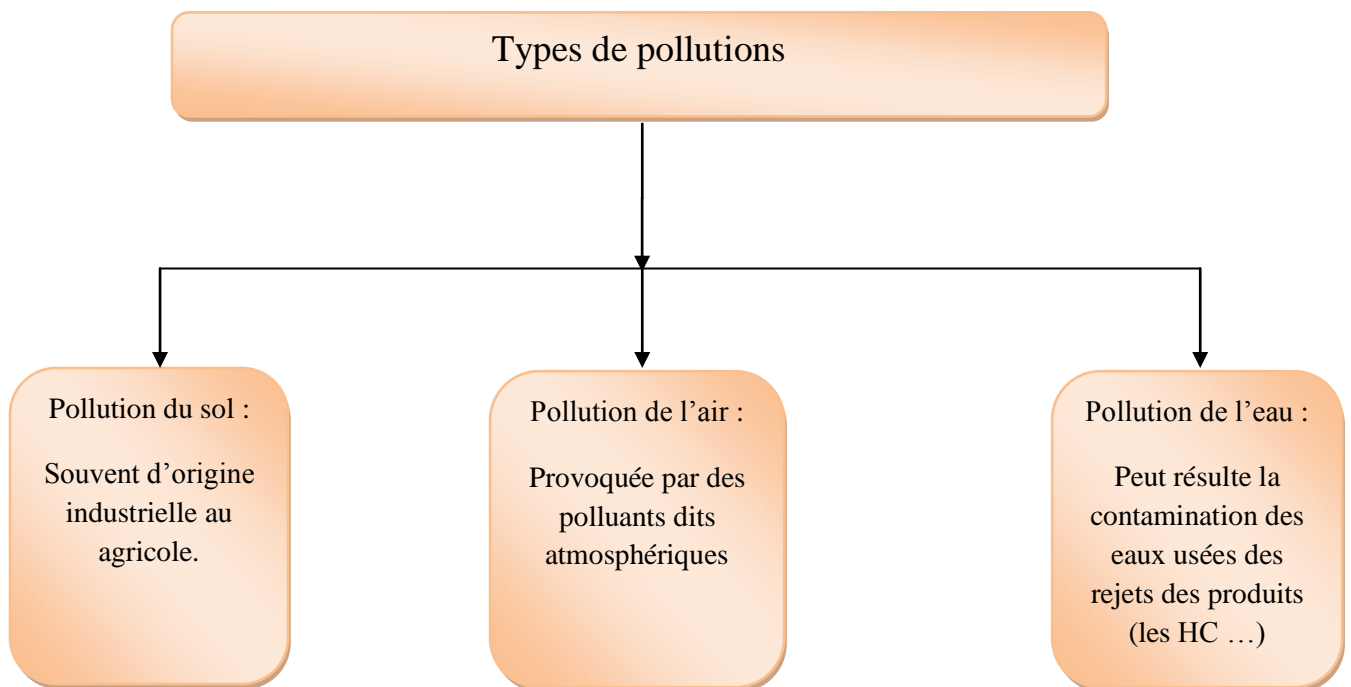


Fig II-2: Schéma des types de pollutions

## **II.2.2. Pollution par les hydrocarbures**

La pollution se traduit par une modification du milieu naturel risquant d'avoir des conséquences dangereuses pour tout organisme vivant.

Le déversement accidentel massif des hydrocarbures conduit à la destruction quasi instantanée et presque totale de toute ressource vivant.

En cas de la pollution chronique, les effets sont plus insidieux, ils peuvent être à l'origine de perturbation physiologique. Ces hydrocarbures modifient considérablement la perméabilité de membrane cellulaire des micro-organismes ainsi que l'activité photosynthétique. L'accumulation dans les tissus vivants d'hydrocarbures peut avoir des effets cancérogènes pour les animaux marins et donc pour l'homme [15].

## **II.2.3. Toxicité**

### **II.2.3.1. Par les hydrocarbures**

La pollution des sols par les hydrocarbures résulte généralement de l'infiltration à partir de la surface ou de l'enfouissement de produit pétroliers ou de résidus hydrocarboné [16]. Les hydrocarbures, regroupent différents produits pétroliers (pétrole brut, pétrole raffiné, kérosène, essences, fuel, lubrifiants, huiles à moteurs). Au laboratoire, ils sont généralement dosés globalement (indice hydrocarbures totaux **iHT**). La solubilité des hydrocarbures est variable mais jamais élevée. On note des valeurs de 3 à 30 mg/l (C5-C7). Qui chutent de 0,07 sur C9. Jusqu'à 0.007 pour C12.

La stabilité des hydrocarbures aliphatiques est assez élevée, leur dégradation dans l'environnement sous l'effet de la lumière ou des bactéries étant très lente. Dans le cas des hydrocarbures plus légers que l'eau, la quantité déversée doit être suffisante pour qu'il ait constitution d'une phase continue, sinon, la pollution se manifestera sous forme de gouttelettes d'huile piégées dans les pores constituant autant de micro-sources de pollution, par relâchement dans la phase eau de composants solubles [17].

### **II.2.3.2. Par les métaux lourds**

Les contaminants inorganiques majeurs sont les métaux lourds. Ils représentent un problème différent des contaminants organique, ils ne peuvent pas être dégradés par les micro-organismes, ils doivent être « immobilisés » ou extraits. Il existe plusieurs

définitions du terme « métal lourd », ou élément trace métallique (ETM) ; il s'agit en générale d'élément métallique naturels, caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à  $5 \text{ g/cm}^3$ .

Les métaux lourds les plus fréquents sont : Cd, Cr, Pb, As, Ni et Le Zn. Ils proviennent de la combustion des charbons, pétrole, ordures ménagères de l'épandage de boues sur les sols agricoles et de certains procédés industriels.

Certains contaminants tels que les métaux, sont susceptibles d'être toxiques de façon immédiate envers un être vivant. En raison de leurs propriétés chimiques (solubilité, état d'oxydation) les métaux se présentent sous différentes formes (ions, complexes) et liés à divers ligands chez les personnes souffrant d'intoxication métallique, on trouve des métaux toxiques dans la plupart des tissus mous, surtout le foie, les reins mais aussi dans les os. Une fois absorbés, les éléments métalliques sont souvent difficiles à éliminer. La demi-vie de la plupart d'entre eux dans le corps humain est longue (30 ans pour le cadmium, 70 an pour le plomb). Les effets d'une exposition de longue durée aux métaux (Cd, Cu, Pb, Sn, Zn) sont: gastro-entérite, irritation pulmonaire, insuffisance rénale et hépatique

#### **II.2.4. Pollution des sols**

Les capacités régulatrices des sols peuvent être affectées par la dégradation de leurs propriétés physiques, chimiques ou biologiques. Ces dégradations résultent, dans la plupart des cas, de l'activité humaine : on parle alors de pollution. La pollution d'un sol peut se présenter :

- Sous forme diffuse
- Sous forme ponctuelle

La pollution des sols est tout particulièrement liée celle des eaux souterraines, et celle-ci résulte de l'industrie, de l'agriculture, ou d'autres sources liées aux activités humaines. Ainsi, un temps plus ou moins long peut s'écouler avant de pouvoir constater l'arrivée d'un polluant dans la nappe phréatique.

Pour chacun de ces types, on distingue deux origines de pollution :

- ❖ Les pollutions accidentelles (déversement ou dépôts ponctuel de polluants), où une grande quantité de polluant est déversée en fonction du temps. La pollution accidentelle est due, comme son nom l'indique, aux déversements accidentels d'hydrocarbures lors par exemple d'accidents de la route (comme le déversement d'un camion-citerne transportant des produits dangereux [18]).
- ❖ Les pollutions chroniques (apport continu de contaminants par fuite ou lessivage), dont les effets cumulés peuvent être plus importants que ceux d'une pollution accidentelle. Ce type de pollution s'accumule entre deux phénomènes pluvieux sur la chaussée ou dans les zones où il ya circulation d'hydrocarbures: parkings, aire de lavage, aéroports... la circulation automobile, par des pertes d'essence et d'huile [8], [19].

### **II.2.5. Impact sur l'environnement**

L'industrie pétrolière, a travers ses activités de forage, de production, de transport et de stockage génère des quantités important de rejet liquide contamine par les hydrocarbures, ces contaminations continues (tel que le cas d'une raffinerie) ou accidentelles (tel est le cas d'une fuite au niveau des bacs de stockage) posent d'importants problèmes de pollution (sol, eaux) [19].

La présence du fluide de forage dans le borbier, n'est pas en soi, un danger, le risque appar dès lors que ce polluant, soit mobilisé et agit comme un vecteur de la pollution, pouvant atteindre les eaux souterraines, la végétation de surface, et les espèces animales vivant aux alentours, en permanence ou temporairement.

Exemples d'impacts : Les nombreux impacts associées aux rejets des boues de forage sont directement liés à la présence de composés toxiques dans les boues, qui sont très soluble une fois en contact avec l'eau, et peuvent migrer pour couvrir de grands espaces.

# CHAPITRE III

## Procèdes de traitement des boues de forage



Dans ce chapitre, il sera question de l'état de l'art des traitements réservés à la fraction solide des boues de forage, qui sont connus dans le jargon technique sous le terme « drill cuttings » ou « cuttings », suivit par des travaux de recherche sur le traitement par désorption thermique.

### **III.1. Définition de la dépollution**

La décontamination ou la dépollution est un ensemble de technique consistant à épurer ou tout au moins à isoler un milieu ayant été exposé à une pollution chronique ou récurrente qui l'a rendu inutilisable pour des activités domestiques agricole au industrielle.

Un sol ne peut être déclaré fertile et sain que lorsque la quantité de polluant qu'il reçoit est inférieure ou égale à celle qu'il peut éliminer.

### **III.2. Généralité sur les techniques des traitements**

#### **III.2.1. Traitements biologiques- bioremédiation**

Le traitement biologique permet la dégradation des substances organiques (huiles) contenues dans les particules solides, par l'intermédiaire de microorganismes spécifiques (bactéries, champignons) qui se développent naturellement et dans des conditions aérobies.

Quelques conditions doivent être satisfaites pour favoriser l'action des microorganismes et augmenter la cinétique de biodégradation des compose organique, à savoir : la température, la DBO (demande biologique en oxygène), l'humidité, le Ph, les nutriments (phosphore, azote).

Les techniques de traitement biologiques, c'est-à-dire les techniques qui exploitent les propriétés d'un organisme vivant pour réaliser l'opération de dépollution sont des techniques de décontamination (extraction ou dégradation du contaminant) ou d'assainissement (réduction des risques, c'est-à dire des impacts sur les récepteurs via un abattement des sources d'exposition, des doses reçues par les récepteurs ou des organismes présents).

Les techniques de bioremédiation utilisent les propriétés dépolluantes de microorganismes (des bactéries essentiellement, mais également des champignons) endogènes ou exogènes au terrain contaminé et peuvent être subdivisées en huit catégories selon le principe biologique ou mode de dépollution mis en œuvre. :

- biodégradation
- bioimmobilisation
- biolixiviation
- bioslurry (traitement en bioréacteur)
- biorestauration
- bioaugmentation
- biostimulation

### **III.2.2. Traitement mécanique (ON-LINE)**

Où le prestataire de service de traitement intervient en parallèle avec les travaux de 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 l'Oil 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 [21].

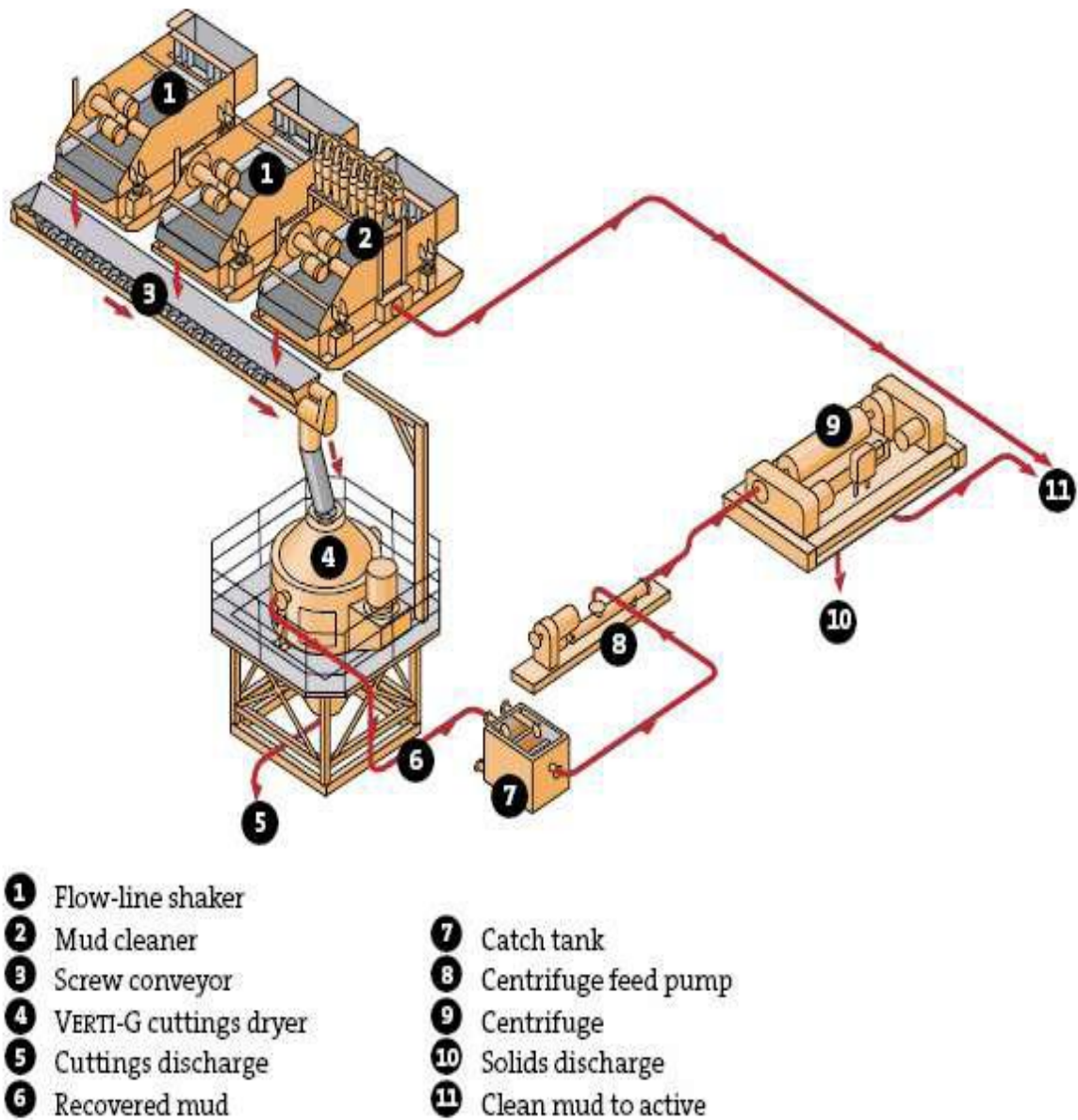


Fig. III.1. Unité de traitement on-line

### III.2.3. Traitements thermiques (OFF-LINE)

Les techniques de traitement thermique emploient les températures élevées (de l'ordre de 500°C) pour récupérer les hydrocarbures qui souillent les rejets.

Le traitement thermique est le traitement le plus efficace pour détruire les produits organiques, réduire également le volume et la mobilité des produits inorganiques tels que les métaux et les sels.

Des technologies de traitement thermiques peuvent être groupées dans deux catégories, le premier type consiste dans l'incinération (par ex : fours rotatoires, fours à ciment) pour détruire des hydrocarbures en les chauffant aux températures très élevées (de l'ordre de 1000°C) en présence de l'air. Le deuxième type résulte dans l'emploi de la désorption thermique.

**a) L'incinération :**

L'incinération est un traitement thermique basé sur la combustion avec excès d'air, en mettant à profit la capacité calorifique des rejets. Son avantage réside dans l'éventuelle récupération de la chaleur.

**b) La désorption :**

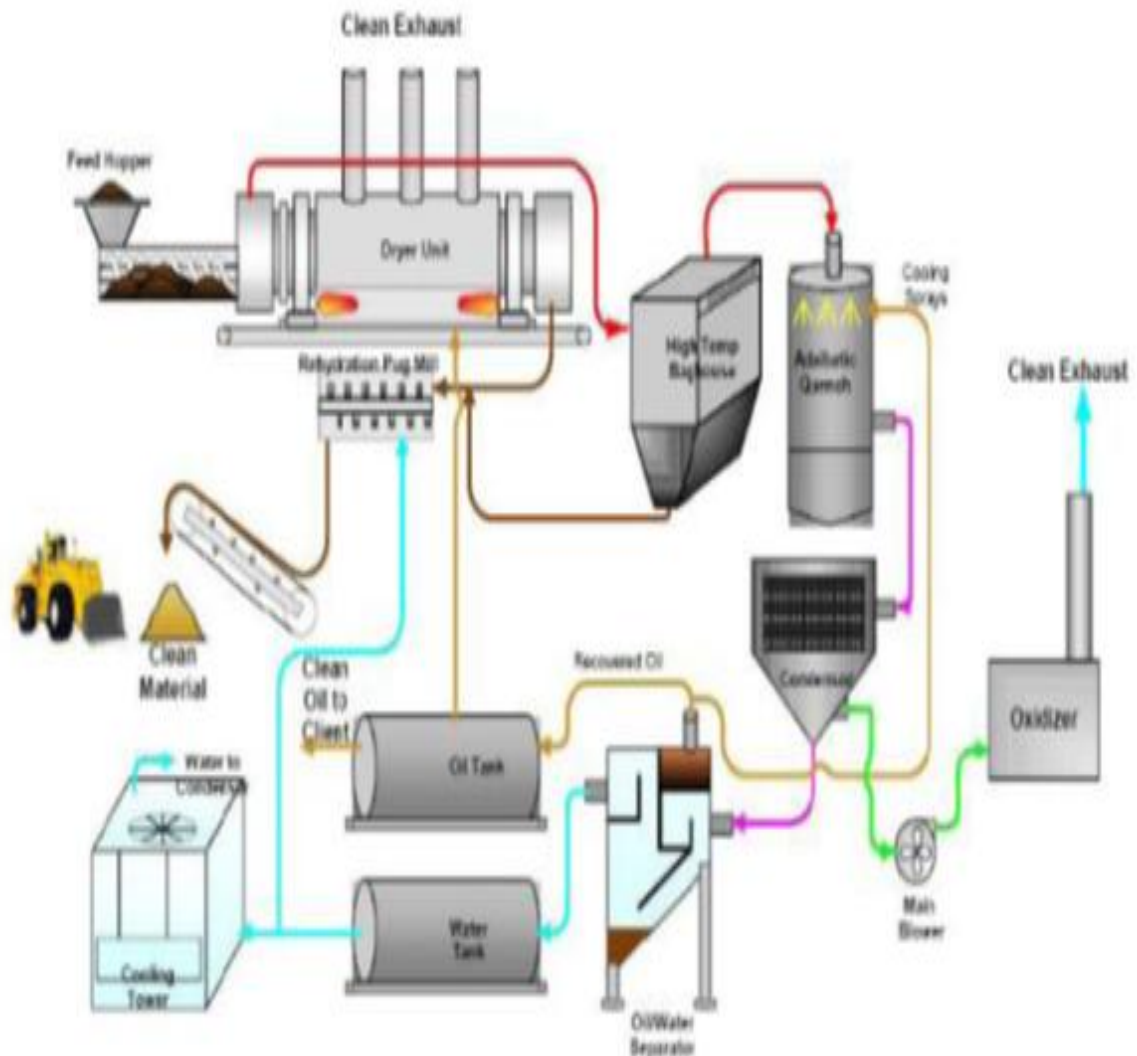
La désorption thermique est une technique dont laquelle la chaleur est appliquée directement ou indirectement aux rejets, pour vaporiser les composants volatils et semi-volatils sans incinérer le sol.

Cette technique consiste à récupérer les cuttings secs. Le principe est de chauffer ces déblais à une température de 350 à 400 C, jusqu'à évaporation de l'huile et l'eau qu'on récupère par condensation. L'huile sera séparée de l'eau à l'aide d'un séparateur huile-eau. Ce type de traitement n'a pas d'effet sur les sels minéraux et les métaux lourds.

*Exemple de procédé de traitement des sols contaminés*

La désorption thermique est une technique de traitement des terres contaminées par des composés organiques (hydrocarbures, HAP).

La qualité essentielle du procédé est la décontamination totale des terres, indépendamment des concentrations en entrée. Le four rotatif permet un traitement homogène du matériau, d'où une grande fiabilité dans les résultats.



**Fig III.2 :** Procédé de traitement par Désorption Thermique

### **III.2.4. Traitements chimiques (OFF-LINE)**

Présentation de la société MESP (Mediterranean Environmental service Pétroliers):

Depuis sa création en 1998, le groupement M.E.SP opère dans le champ HASSI MASSOUD Sonatrach –division forage et production, en traitant les bourbiers de forage par la méthode off-line. L’organisation de MESP Spa a été certifiée ISO 9001:2008 et 14001:2004

#### **III.2.4.1. Procédé de traitement par stabilisation / solidification**

La solidification / stabilisation (S/S) au ciment est une méthode souvent utilisée pour traiter, gérer et réutiliser en toute sécurité des déchets contaminés. La S/S suscite un intérêt croissant dans le monde entier.

L'inertage des substances toxiques contenues dans la fraction solide des boues de forage, peut se faire par une série de traitements physico-chimiques, comme la solidification.

Les additifs généralement utilisés sont: le ciment, la chaux, la pouzzolane, les silicates [22].

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'à 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.

La solidification renvoie à l'ensemble des procédés d'encapsulation des particules solides par l'intermédiaire d'additifs (liants hydrauliques) comme le ciment, de sorte d'inertier les substances toxiques, et de les rendre moins solubles une fois en contact avec le milieu extérieur [23].

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.

**Important :** En utilise dans le phénomène d'encapsulation l'opération de centrifugation pour séparer les déblais et le fluide de borbier.

#### ⇒ **Solidification**

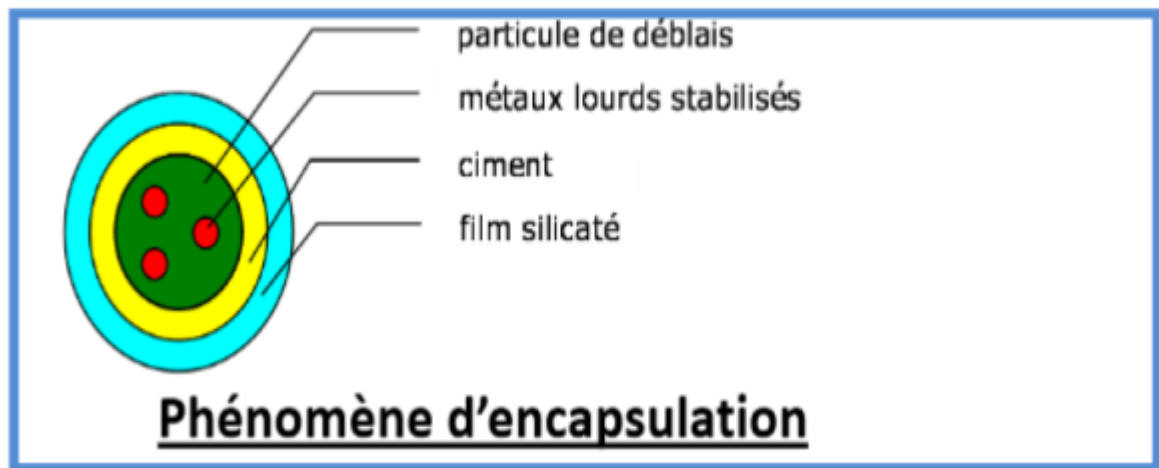
Elle se rapporte aux techniques d'encapsulation des déblais de forage par un liant hydrauliques pour les transformer en une forme consolidée ayant de bonnes propriétés mécaniques.

Les liants hydrauliques utilisés à HMD sont :

- Silicate de sodium ( $\text{SiO}_2 \text{Na}_2\text{O}$ ).

- Silicate de potassium ( $\text{SiO}_2 \text{ K}_2\text{O}$ ).
- Ciment.
- Silicate: il donne un précipité insoluble en présence des métaux lourds et lorsqu'il réagit avec un cation polyvalent tel que : Calcium et magnésium, ces derniers forment un film imperméable autour des particules du solide.

La figure III.3 représente le phénomène d'encapsulation.



**Fig. III.3 :** Principe du procédé de traitement des déblais de forage par cimentation (Inertage)

L'encapsulation peut se faire sur des petites particules de rejets (micro encapsulation) ou sur un grand bloc ou conteneur de rejets (macro encapsulation).

La solidification n'implique pas nécessairement une interaction chimique entre les rejets et les produits de solidification mais peut mécaniquement lier les rejets dans le solide monolithe. La migration des contaminants est limitée en diminuant énormément la surface exposée à la lixiviation et/ou en isolant les rejets dans une capsule imperméable.

Les réactifs utilisés dans le traitement de solidification est représenter dans le tableau III-1.

**Tableau III-1:** Les réactifs utilisés dans le traitement de solidification.

Fonction du produit	Nature (composé)	Nom commercial	Concentration (kg/m3)
<b>Réactifs</b>	Oxyde de calcium 64%	Ciments portland CPJ 45	160-170 kg/m3 Selon la nature des cuttings
	Oxyde de silicium 21%		
	Oxyde d'aluminium 5,5%		
	Oxyde de fer 4,5%		
	Oxyde de magnésium 2,4%		
	Sulfates 1 ,6%		
	Autres 1%		
	Sodium silicate 1,6<rapport molaire<2.6%> 80%	Dissilicate de sodium	9-15kg/m3 de solution de dissilicate de sodium à 25-30%

⇒ **Stabilisation :**

Elle se rapporte aux techniques qui réduisent le potentiel de risque d'un rejet en convertissant les contaminants en leur moindre forme soluble, mobile, ou toxique. La nature physique et les caractéristiques de manipulation des rejets ne sont pas nécessairement changées par la stabilisation. Les produits les plus fréquemment employés pour assurer la solidification et la stabilisation des rejets solides sont : le ciment, les cendres volcaniques (pouzzolane), la chaux et l'oxyde de calcium.

La solidification/stabilisation devrait être adaptée selon la destination des déblais et leur usage final et selon leur nature chimique.

### III.2.4.2. Description du processus de traitement

Les solides de vibrateur et de la centrifugeuse sont évacués sur un corral ou fosse, puis chargés à malaxeur de capacité 2.3 m. Dans ce dernier, les cuttings et les floccs sont mélanger lentement avec du ciment afin de les stabilisées. Pour rendre le mélange immédiatement inerte (encapsulation), en ajoute à l'un des deux mélanges une solution de silicate. Le dosage nécessaire en silicate est de 10 à 15 L/m de déblais. Sachant que la



solution de silicate est préparée dans un bac spécial et ajoutée au mélange à l'aide d'une pompe.

Il faut tenir compte du fait que le dosage optimal pour rendre la boue inerte est basé sur la règle suivante: Pour 1m<sup>3</sup> de déblais issues des boues a base d'huile, il faut 100 à 250 Kg de ciment. Alors que les cuttings issues des boues bentonitique et des boues salées saturées il faut entre 100 à 150 Kg de ciment.

Par ailleurs, il a été remarqué que la prise du ciment est très lent au contacte des huiles (boue à base d'huile) c'est pourquoi en ajoute du CaCl<sub>2</sub> pour accélérer la prise. Le dosage nécessaire est 12.5 Kg du CaCl<sub>2</sub> pour 1 m<sup>3</sup> de solide. Le mélange est malaxé pendant un quart d'heure, puis déposé sur le site pour se sécher.

La figure III-4 expose l'unité de solidification des déblais de forage.



**Fig III.5 :** L'unité de solidification des déblais de forage (Dry cuttings)

### **III.3.1. Les effluents liquides**

Le décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 définit les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Ce décret abroge les dispositions du décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993.

Selon la section 2, art.4 : « Toutes les installations générant des rejets d’effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d’effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l’installation les valeurs limites des rejets définies en annexe du présent décret et doivent être dotées d’un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée ».

**Tableau III.2 :** Valeurs limites des paramètres de rejets d’effluents liquides industriels selon le décret n°06-141 et valeurs limites garanties contractuellement

	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 - 8,5
DBO <sub>5</sub>	mg/l	40
DCO	mg/l	120
MES	mg/l	30
Azote total	mg/l	30
Phosphore total	mg/l	10
Huiles et graisses	mg/l	15
Hydrocarbures	mg/l	20
Turbidité	NUT	5
Cyanures	mg/l	0,1
Fluor et composés	mg/l	15
Indice de phénol	mg/l	0,3
Cadmium	mg/l	0,2
Cuivre total	mg/l	0,5
Mercure total	mg/l	0,01
Plomb total	mg/l	0,5
Manganèse	mg/l	1
Nickel total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	3
Fer	mg/l	3
Composés organique chlorés	mg/l	5

Dans ce chapitre, nous décrivons la méthodologie expérimentale adoptée afin d'étudier le traitement des borbiers de forage, la première partie de ce chapitre va englober d'une part les caractéristique d'analyse de l'eau et la deuxième partie fera l'objet de traitement par stabilisation/solidification.

Pour la réalisation de nos expériences, nous avons utilisé un échantillon, qui est prélevé à partir du borbier (Centre de Production) pollués par des rejets de forage et rejets d'entretiens des installations au niveau du champ de HASSI MESSAOUD.

## **IV.1. Méthodes de caractérisations**

Les méthodes d'analyses utilisées dans le laboratoire d'analyse sont les suivant :

### **IV.1.1. Caractérisations physico-chimique**

#### **a. Mesure de pH**

**Référence :** adaptée à la norme NFT90 008.

La détermination du pH par électrométrie (**NF T 90 008**) s'applique au moyen d'une électrode en verre à tout type d'eau ou de solutions, dont le pH est compris entre 1 et 11, et la température entre 0 et 60°C. La différence de potentiel existant entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel-KCL saturé) plongeant dans une même solution est une fonction linéaire du pH de cette solution. La détermination consiste en la mesure d'une différence de potentiel, elle s'effectue à l'aide d'un dispositif potentiométrique.

#### **Appareillage :**

- ✓ Electrode en verre.
- ✓ Dispositif potentiométrique.
- ✓ Bécher.

#### **b. Conductivité électrique**

**Référence :** méthode HACH.

La conductivité électrique mesure le pouvoir conducteur d'une eau. Le courant est produit par les ions inorganiques présents à l'état dissous. La détermination de la conductivité s'effectue par la mesure de la résistance d'une colonne d'eau-délimitée par deux électrodes. Une différence de potentiel est appliquée entre les électrodes immergées dans la solution et la chute de potentiel engendrée par la résistance de la solution est inversement proportionnelle à la conductivité de l'eau.

### **Appareillage**

- ✓ Dispositif de type HQ40d contient deux sondes (l'une pour la mesure de la conductivité, et l'autre pour la mesure de l'oxygène dissous).
- ✓ Bécher

### **c. Dosage de l'oxygène dissous**

#### **Référence : méthode HACH**

La méthode de détermination de l'oxygène dissous s'applique à des eaux dont la concentration est comprise entre 0 et 13 mg/l. L'ampoule accu Vac Oxygène dissous HRDO contient un réactif scellé sous vide dans une ampoule de 12 ml. Lorsque la pointe de l'ampoule Accu Vac est cassée dans un échantillon contenant de l'oxygène dissous, il se forme une coloration jaune qui vire au violet. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration de l'eau en oxygène dissous.

### **d. Turbidité par Absorption**

#### **Référence : méthode HACH**

Le principe est de mesurer la turbidité en unité FTU dans la gamme variant de 0 à 450 FTU.: La détermination de la turbidité mesure une propriété optique de l'échantillon d'eau qui résulte de la dispersion et de l'absorption de la lumière par les particules de matières en suspensions présentes dans l'échantillon. La quantité de turbidité mesurée dépend de variables telles que la taille, la forme et les propriétés de réfraction des particules. Il n'existe pas de relation directe entre la turbidité d'une eau à sa teneur en matière en suspension.

### **Appareillage**

- ✓ Cellule en verre de 5 ml de capacité.

- ✓ Spectrophotomètre de type DR/2000.

#### **e. Détermination des matières en suspensions MES dans l'eau**

**Référence :** adaptée à la norme NFT90 105.

L'objectif est de déterminer la concentration des matières en suspension en unité mg/L. Le dosage de la matière solide en suspension, méthode spectrophotométrique. Les matières en suspension correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon. Cette méthode permet de mesurer la teneur en matière solide en suspension de dimension donné dans l'eau.

#### **Appareillage**

- ✓ Equipement de filtration sous pression.
- ✓ Filtres en microfibres de verre type 20 AP.

### **IV.1.2. Paramètres indicateurs de pollutions**

#### **a. Dosage des nitrates par colorimétrie**

**Référence :** méthode HACH

La méthode de dosage par colorimétrie des gammes moyennes comprises entre (0 et 30 mg/l). Elle s'applique aux eaux de surface, eaux usées, eaux de mer. Le cadmium métallique contenu dans les gélules de réactifs réduit les nitrates présents dans l'échantillon en nitrites. Les nitrites réagissent en milieu acide avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium. Ce sel réagit avec l'acide gentisique pour former un complexe coloré ambre. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en nitrates.

#### **Appareillages et réactif**

- ✓ Cellule en verre de 5 ml de capacité.
- ✓ Spectrophotomètre de type DR/2000.
- ✓ Gélule de Nitra Ver 5

#### **b. Dosage des nitrites par colorimétrie**

**Référence :** méthode HACH

Détermination des nitrites pour des teneurs comprises entre 0 et 15 mg/l N-NO<sub>2</sub> pour les eaux douces, eaux résiduaires et eaux de mer. Cette méthode utilise le sulfate ferreux en milieu acide pour réduire les nitrites. L'ion ferreux se combine avec l'oxyde

nitreux pour former un complexe brun-verdâtre dont la coloration est proportionnelle aux nitrites présents.

#### **Appareillages et réactif**

- ✓ Cellule en verre de 5 ml de capacité.
- ✓ Spectrophotomètre de type DR/2000.
- ✓ Gélules Nitri Ver 3

#### **c. Dosage de l'azote ammoniacal par colorimétrie**

##### **Référence : méthode HACH**

La méthode colorimétrique aux salicylates permet la détermination de l'azote ammoniacal, dans les eaux douces, eaux de mer et eaux résiduaires, pour des teneurs comprises entre 0 et 0,5 mg/l de N-NH<sub>3</sub>. Les composés ammoniacaux se combinent avec le chlore pour former le monochloroamine, ce dernier réagit avec le salicylate pour former le 5-aminosalicylate. Ce dernier est oxydé en présence d'un catalyseur au nitroprussiate pour former un complexe coloré bleu est masquée par la coloration jaune du réactif en excès pour donner solution finale colorée en vert dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en azote ammoniacal présent dans l'eau.

#### **Appareillages et réactif**

- ✓ Cellule en verre de 5 ml de capacité.
- ✓ Spectrophotomètre de type DR/2000.
- ✓ Salicylate en gélules.
- ✓ Cyanurate alcalins en gélules.
- ✓ Eau bidistillée.

#### **d. Dosage de phosphore réactif**

##### **Référence : méthode HACH**

Ce mode opératoire décrit une méthode colorimétrique pour la détermination du phosphore réactif contenu dans les eaux de surface, eaux usées et eaux de mer à des teneurs comprises entre 0 et 2,5 mg/l.

- Le phosphore dans les eaux naturelles et usées se trouve uniquement sous forme de phosphates.
- La seule forme de phosphate susceptible d'être déterminée directement est l'orthophosphate.
- Toutes les autres formes requièrent un prétraitement pour les transformer en orthophosphate et les analyser.
- L'orthophosphate réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe phosphomolybdate, l'acide ascorbique réduit le complexe donnant une coloration intense de bleu de molybdène.

#### **Appareillages et réactif**

- ✓ Cellule en verre de 5 ml de capacité.
- ✓ Spectrophotomètre de type DR/2000.
- ✓ Gélule de phos Ver 3.

#### **e. Demande chimique en oxygène (DCO)**

##### **Référence : méthode HACH**

Cette méthode permet la détermination de la demande chimique en oxygène par digestion, à 150°C en réacteur, et lecture colorimétrique. Elle s'applique aux eaux de surface, souterraines et résiduaires.

Le test de la DCO consiste en la mesure de l'oxygène équivalent à la quantité de matières organiques par le dichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$ , dans une solution d'acide sulfurique à 50%. Un composé à base d'argent est ajouté comme catalyseur. Un composé mercurique est ajouté pour réduire les interférences dues à l'oxydation des ions chlorures par dichromate. L'oxydation s'effectue à une température de 150 °C pendant deux heures, la lecture se fait par colorimétrie. Pour la gamme de la DCO de 0 à 1500 mg/l (620 nm), la coloration obtenue est verte, elle correspond à la quantité de chrome trivalent produite.

##### **Reaction**



**Appareillages et réactif**

- ✓ Pipette jaugée à 2 ml.
- ✓ Adaptateur de tube DCO sur DR/2000.
- ✓ Portoir pour tube DCO.
- ✓ Réacteur à 150°C (DCO 120/240 V).
- ✓ Spectrophotomètre HACH type DR/2000.
- ✓ Tube DCO (0 à 1500 mg/l ) pour les haute concentration.

**f. Evaluation de la DBO<sub>5</sub>**

**Référence : méthode HACH**

La méthode manométrique (respirométrique) permet l'évaluation de la demande biochimique en oxygène mesurée pendant 5 jours. Elle est appliquée aux eaux usées industrielles et domestiques, ainsi qu'aux eaux de consommation. En fonction de la valeur de la DCO mesurée et de la valeur de DBO suspectée, il est introduit une quantité connue d'eau dans un flacon de mesure qui est relié au système manométrique. L'oxygène qui est absorbé par les micro-organismes pour dégrader la matière organique, est remplacé par l'air au dessus de l'échantillon dans le flacon. Le CO<sub>2</sub> produit est absorbé par la soude. La différence de pression est directement affichée à l'échelle manométrique en mg/l de DBO. Le tableau IV.1 regroupe les facteurs de conversion de la DBO<sub>5</sub> en fonction du volume de prise

**Tableau IV.1 : Facteur de conversion de la DBO<sub>5</sub> en fonction du volume de prise.**

Portée de mesure	Quantité d'eau (ml)	Facteur
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43.5	50
0-4000	22.7	100



### **Appareillages et réactif**

- ✓ Flacons d'échantillons bruns en verre de 500 ml de capacité.
- ✓ Barreau magnétique d'agitation.
- ✓ Armoire thermostat à 20°C.
- ✓ Dispositif d'agitation.
- ✓ Pastilles de soude caustique.
- ✓ Mercure liquide.

Remarque : le mode opératoire de l'appareillage (voir l'ANNEX ).

### **g. Analyses des hydrocarbures (HC)**

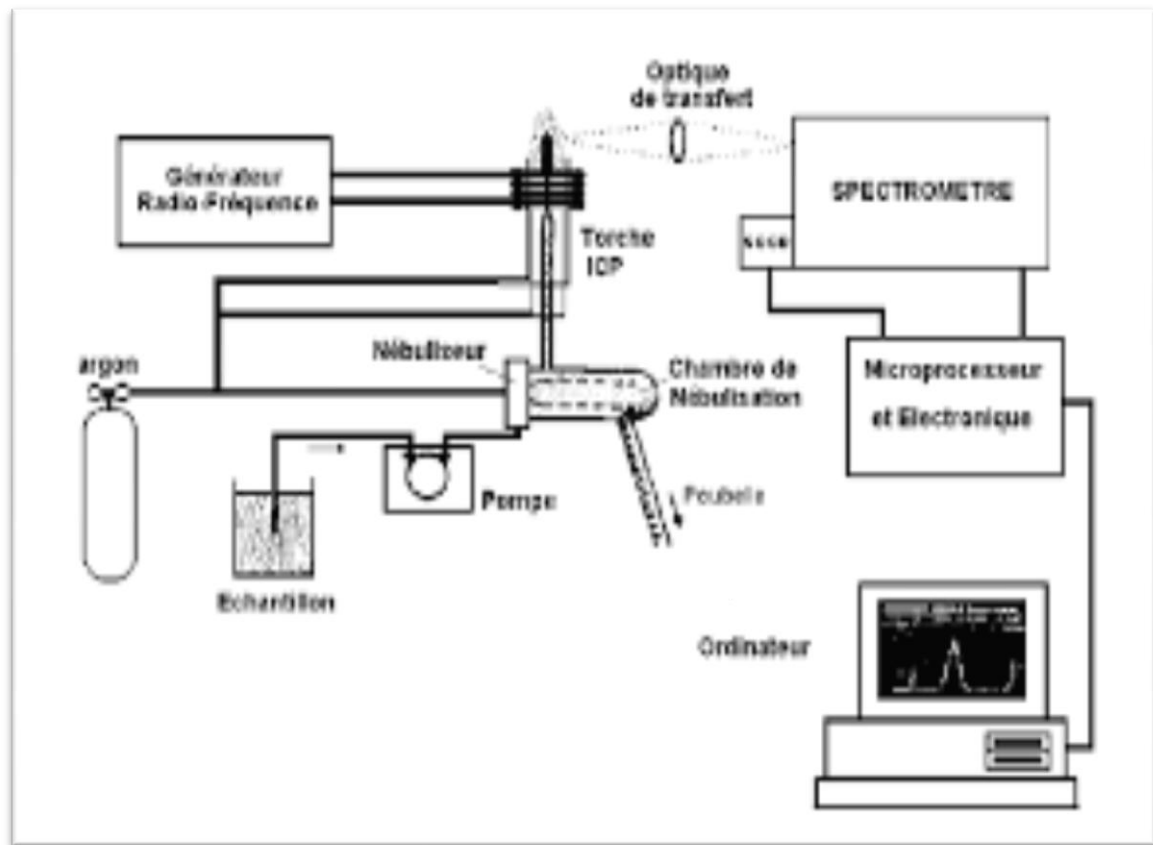
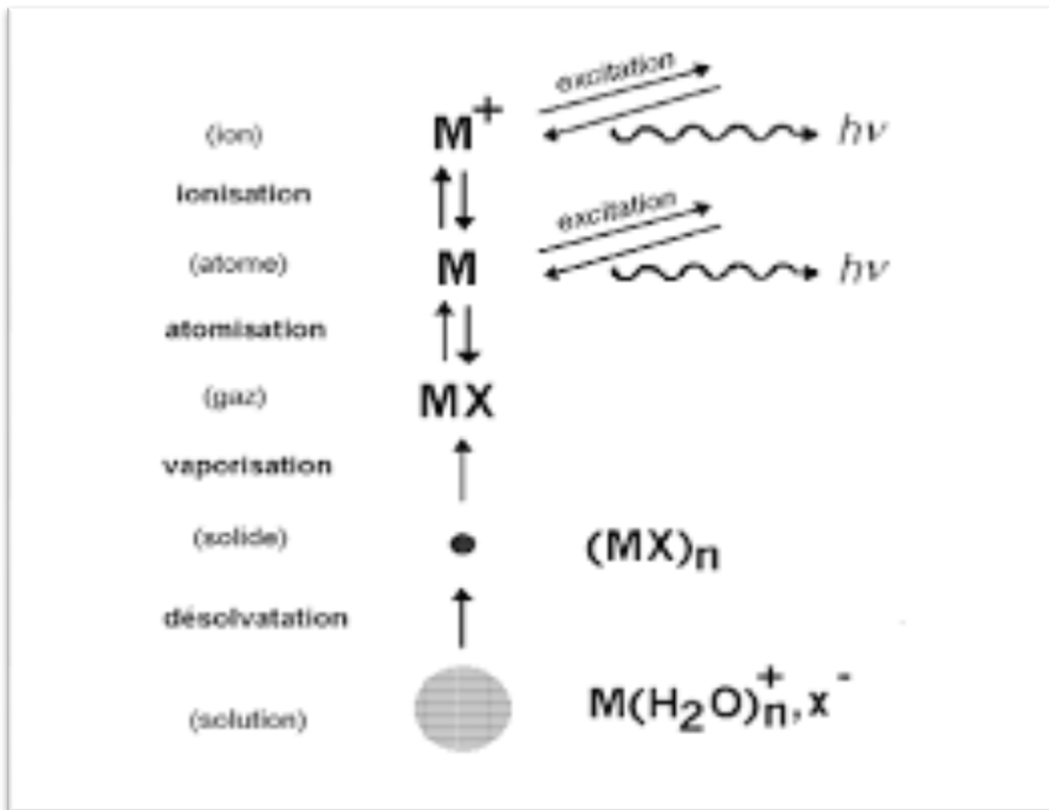
Cette procédure a pour objet de décrire une méthode de détermination de l'indice hydrocarbure C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> par chromatographie en phase gazeuse (GPC) et détection par ionisation de flamme (FID) dans les eaux.

La méthode est applicable aux eaux de surface, aux eaux résiduaires et aux eaux de station d'épuration et permet la détermination de l'indice hydrocarbure pour des concentrations supérieures à 0.1 mg/l.

### **h. Analyse des métaux lourds par spectromètre d'émission atomique (ICP)**

La spectromètre d'émission atomique ICP-AES est une méthode d'analyse chimique utilisée pour l'analyse quantitative et qualitative élémentaire. Cette technique analytique consiste à mesurer les intensités des raies d'émission des éléments atomisés et excités sous l'effet thermique du plasma.

Cette méthode consiste à mesurer l'émission de lumière par une technique de spectroscopie optique. Les échantillons sont nébulisés et l'aérosol ainsi produit est transporté dans une torche à plasma où se produit l'excitation. Les spectres d'émission caractéristiques sont produits par un plasma à couplage inductif par haute fréquence (ICP). Un spectromètre UV-Visible mesure simultanément l'ensemble des photons émis aux différentes longueurs d'onde par retour des éléments excités à l'état fondamental. Chaque longueur d'onde est caractéristique d'un élément donné et l'intensité d'émission est proportionnelle à la quantité de cet élément présent dans l'échantillon ce qui permet de déterminer l'analyse qualitative et quantitative de l'élément.



FigIV-2: Schéma générale d'un spectromètre ICP –AES

### **i. Analyse du carbone organique totale (COT)**

Cette méthode de dosage porte sur l'évaluation de la teneur en carbone dans un échantillon d'eau. Elle est appliquée aux eaux résiduaires, eaux usées industrielles, eaux salines, eaux de consommation, eaux souterraines et de surface.

Pour la détermination du carbone organique total (COT) l'analyseur à infra rouge effectue le dosage en deux temps :

- Détermination du carbone total (T.C.) qui est contenu dans l'ensemble des substances organiques et inorganiques de l'échantillon. Ces dernières sont oxydées à haute température (750°C - 950 °C) en anhydride de carbone, ce dernier est entraîné par le gaz vecteur (oxygène) vers le détecteur à infra rouge. L'absorbance de l'anhydride de carbone est mesurée à 4,2 µm.
- Détermination du carbone inorganique (IC) : Ce dernier est contenu dans les substances minérales de l'échantillon, qui sont oxydées à une température ambiante et un maximum de température de 150 °C en anhydride de carbone qui est entraîné vers le détecteur I.R. par l'oxygène. Comme catalyseur on utilise l'acide phosphorique. Les volumes d'injection (des solutions mères et des échantillons à analyser) sont fixé à un maximum de 250 µl pour les mesures TC et 250 µl pour les mesures IC selon les instructions du fabricant.

Le carbone organique total est la différence entre le carbone total (TC) et le carbone inorganique (IC). Cette méthode de mesure est dite indirecte.

$$\mathbf{C.O.T. = T.C - I.C}$$

Si la valeur du carbone inorganique total (CIT) est supérieure à la valeur du COT, il convient d'utiliser la méthode de dosage direct du COT ou le carbone inorganique est éliminé par acidification et purge. Cette méthode est recommandée lorsque la concentration en CIT > 30 % du TC.

## **IV.2. Analyse laborantines de méthode de traitement S/S**

Au cours de notre stage pratique nous avons observé les analyses chimiques réalisées pour contrôler le borbier de forage à partir de mesures d'émulsion, de filtrat et la rhéologie et le rapport huile-eau pour forer en toute sécurité.

On a procédé à quelques analyses avant et après le traitement solidification/stabilisation pour évaluer l'efficacité de cette méthode. En fait une décantation physique de notre borbier avant de faire la centrifugation.

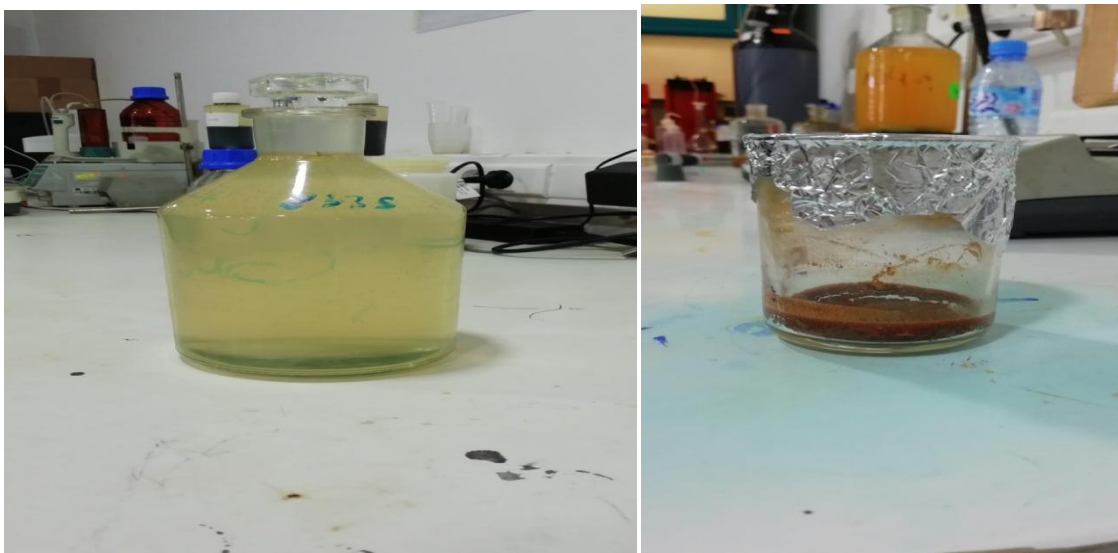
### **IV.2.1. La centrifugation**

La séparation solide/liquide est obtenue à l'aide d'une centrifugeuse de type Megafuge 2.0, marque Heraeus. L'appareil permet d'atteindre des vitesses de 3500 tours/minutes pendant des durées de 45 minutes.



**Fig IV.3 : centrifugeuse**

Par la centrifugation on obtient une séparation entre l'eau de borbier et la matière solide (déblais) (Fig IV.4 )

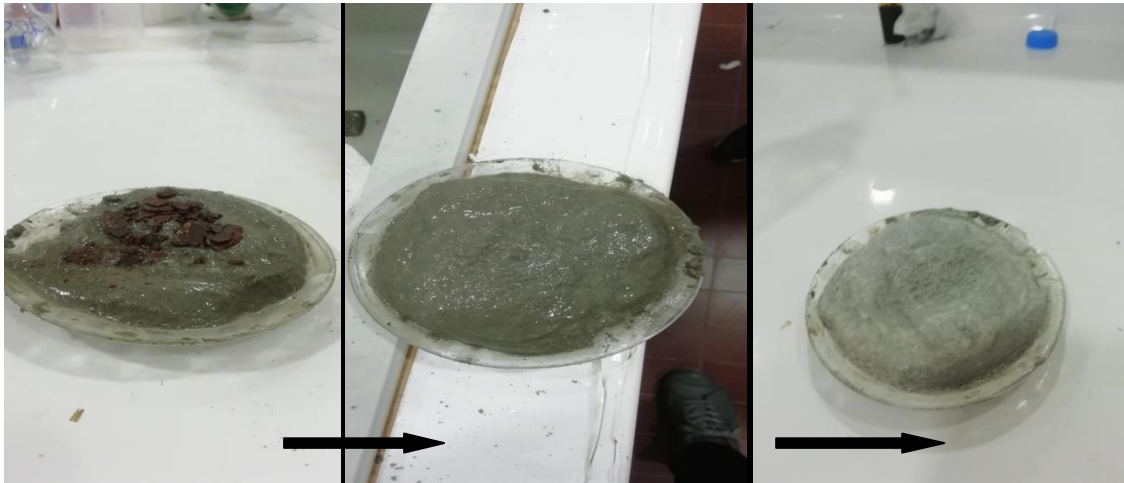


**Fig IV.4 : eau de borbier avec ses déblais**

### **IV.2.2. L'encapsulation**

A partir du ciment portland et le sable en fait traitement des déblais de forage par cimentation (inertage) ce phénomène est appelé l'encapsulation pour inerte les substances toxiques, et de les rendre moins solubles une fois en contact avec le milieu extérieur.

La figure IV.5 présente des images de traitement des déblais par cimentation



**Fig IV.5 :** Traitement des déblais de forage par cimentation (Inertage)

Après le phénomène d'encapsulation on passe au traitement de l'eau de bourbier que nous obtenons à partir de la séparation solide-liquide (la centrifugation) par la détermination des paramètres physico-chimiques et les indicateurs de pollutions.

### **IV.3. Traitement thermique**

Il ya d'autre procédé utilisé à Hassi Messaoud sur place ; c'est le traitement thermique par chauffage indirect. Il est simple et coûteux en même temps, mais plus efficace, il est considéré comme un traitement définitif.

Le prétraitement des déblais consiste à le tamiser pour enlever les grands éléments et les débris étrangers, à l'aide de visse convoyeuses. Les Cuttings seront transportés vers l'unité de séchage où ils seront chauffés à une température de 250 - 650°C pour les sécher et l'évaporation permettra la séparation solide liquide. Après la désorption, on aura un gaz propre et recyclé dans des conduites d'évaporation.

La vapeur sera filtrée de ses impuretés qui vont être recyclées par la suite dans le filtre où elles seront évacuées vers le système de convoyeurs.

La température de la vapeur diminuera avec les ombrelles d'eau dans le refroidisseur adiabatique (condensation primaire). Par la suite, il y aura une condensation secondaire qui transformera la vapeur en liquide (huile, eau).

Une partie des gaz sera brûlée et le gaz inerte résiduel sera évacué dans l'air. La phase liquide restante sera transportée dans un séparateur qui fonctionne par différences de densité [24].

La figure IV.6 représente l'unité Thermique



**Fig IV.6 :** Unité Thermique.

#### **IV.4: Avantages et inconvénients des procédés de traitement de borbier de forage**

Chaque méthode de traitement contient des avantages comme elle contient des inconvénients. On résume ses méthodes dans le tableau IV.2 :

Tableau IV.2: Représentation des avantages et les inconvénients de chaque méthode.

Méthodes du traitement	Avantages	Inconvénients
<b>Thermique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilité de séparation des produits organiques des déblais de forage pétrolier.</li> <li>- Des températures plus basses exigent moins de carburant que d'autres méthodes de traitement.</li> <li>- Equipements capables de traiter jusqu'à dix tonnes de déblais par heure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Craquage thermique des hydrocarbures et autres huiles.</li> <li>- Corrosion importante des installations</li> <li>- Les installations encombrantes et coûteuses.</li> </ul>
<b>Mécanique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le traitement "On-line " commence et se termine avec le forage et permet de forer un puits sans bourbier.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ne pas couvrir la terre de Bourbier avant le début de forage pétrolier</li> </ul>
<b>Solidification/Stabilisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facile à pratiquer étant donné les températures utilisées</li> <li>- Technique peut couteuse</li> <li>- Facile a mettre en œuvre</li> <li>- Traitement de grande quantité de boue en peut de temps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ne donne pas une identification de tous les éléments chimiques qui sont contenu dans la boue</li> <li>- Risque produits chimique (ciment), incendie</li> <li>- Il faut un suivi méthodique des déchets traités</li> <li>- Parfois, le traitement ne sera pas efficace après les résultats de l'analyse</li> </ul>

# CHAPITRE V

## Résultats et discussions



### V.1. Caractéristiques physico-chimiques du bourbier

Les propriétés physico-chimiques de l'échantillon du bourbier étudié sont définies par la détermination des paramètres suivantes : pH, conductivités, L'oxygène dissoudre, les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène (DBO5), et la turbidité

**Tableau V-1** : Paramètres physico-chimiques du bourbier

Paramètres	Avant	Après	Valeur limite
<b>pH (à 19°C)</b>	<b>6.57</b>	<b>7.30</b>	<b>6.5-8.5</b>
<b>Conductivité (µs/cm)</b>	<b>3490</b>	<b>3560</b>	<b>2800 µs/cm</b>
<b>MES (mg/L)</b>	<b>976</b>	<b>50</b>	<b>30</b>

#### 1. Détermination de pH

D'après le tableau V-1, les valeurs de pH varient entre 6.57 et 7.30 avant et après traitement du bourbier de HMD. Nous remarquons que les valeurs de pH trouvés répondent aux normes. Une valeur De pH compris dans la norme Algérienne qui est de 6,5 à 8,5. En outre, le pH est un élément important pour l'interprétation de la corrosion dans les cours canalisations et il doit être étroitement surveillé au de toutes opérations de traitement.

#### 2. Mesure de la conductivité (µs/cm)

D'après le tableau V-1, les valeurs des conductivités avant traitement est 3490 (µs/cm) et après traitement est 3560 (µs/cm).

Nous remarquons que les valeurs de conductivités trouvées après traitement ne répondent pas aux normes. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 µS/cm. L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui concerne ce paramètre.

### 3. Evaluation des MES (mg/L)

D'après le tableau V.1, les valeurs de MES varient de 976 (mg /l) avant traitement à 50 (mg /l) après traitement pour l'eau de borbier de forage analysé

Nous remarquons que les valeurs de MES trouvées ne répondent pas aux normes. La concentration en MES est nettement supérieure aux teneurs habituellement rencontrées dans les effluents liquides industriels (de 30 mg/L). Cela signifie que l'eau de borbier est chargée en matière organique.

Le rendement de traitement en MES est donc bon. La détermination des MES, surtout dans les eaux après traitement, est un critère majeur pour maîtriser l'impact sur l'environnement car elles ont un effet néfaste par formation des sédiments et d'un écran empêchant la pénétration de la lumière et la photosynthèse (appauvrissement en oxygène de l'eau).

### 4. Evaluation de la turbidité

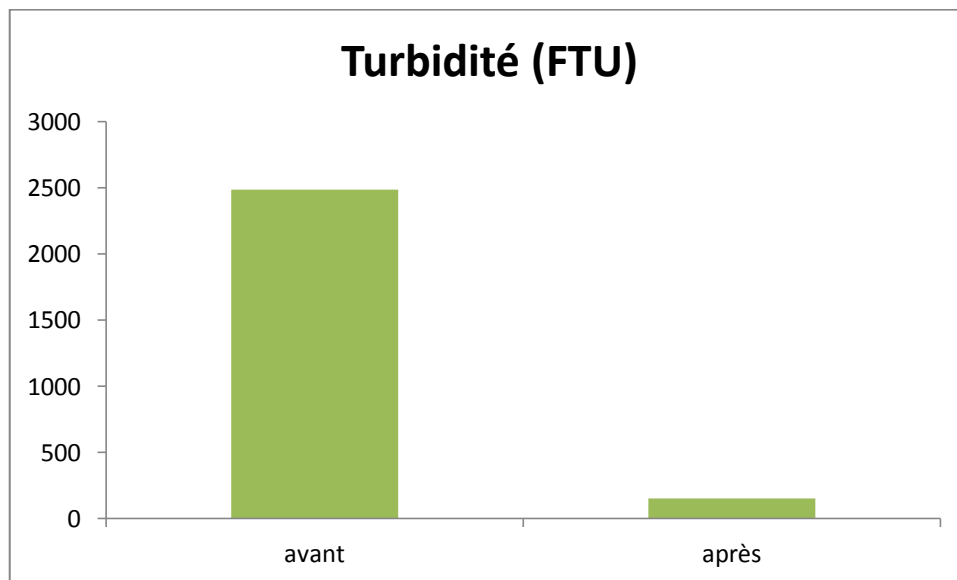


Fig V-3 : Évolution de la turbidité de l'eau

D'après la FigV-3, La turbidité de l'eau varie entre 2484 et 154 (F.T.U) avant et après traitement.

Nous remarquons que les valeurs de turbidité et l'oxygène dissout trouvées répondent aux normes. Cependant, une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension: la qualité bactériologique d'une eau turbide est donc

suspecte. Il est recommandé d'effectuer la mesure de la turbidité aussi rapidement que possible après prélèvement ; sinon l'échantillon doit être conservé à l'obscurité pour une durée maximale de 24 h, toute conservation prolongée peut provoquer des modifications irréversibles de la turbidité.

## 5. Évaluation de la DCO et la DBO<sub>5</sub>

Nous avons réalisé des tests afin d'estimer le taux de biodégradation des polluants des bourbiers. Les mesures de la DCO et de la DBO<sub>5</sub> de l'échantillon ont donné les résultats regroupés dans l'histogramme suivant :

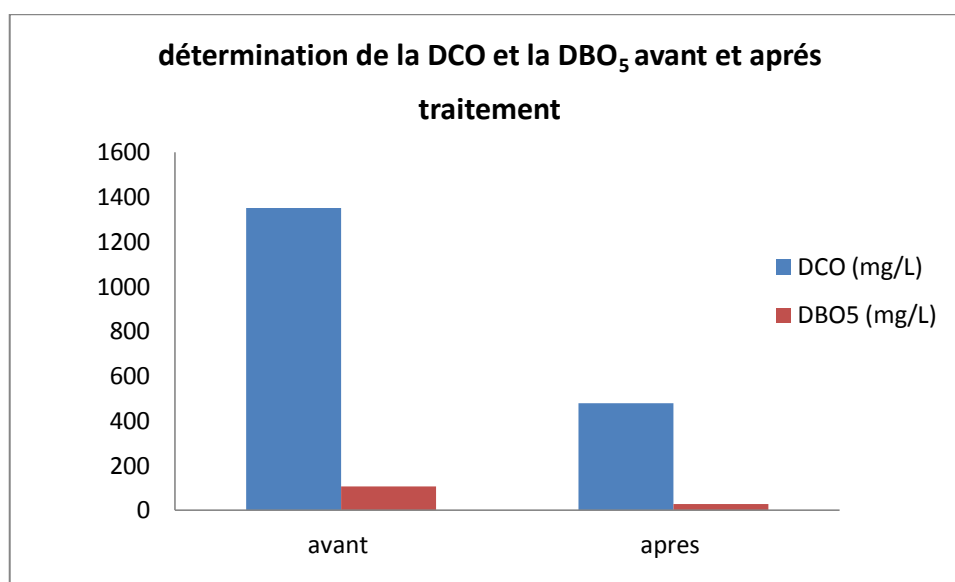


Fig V-2 : Évolution de la DCO et DBO<sub>5</sub> avant et après traitement

- **La DCO**

D'après la **FigV-2**, les valeurs de la DCO varient de 1350 (mg O<sub>2</sub>/l) avant traitement à 478 (mg O<sub>2</sub>/l) après traitement pour l'eau de bourbier de forage analysé.

Nous remarquons que les valeurs de DCO trouvées répondent aux normes. La demande chimique en oxygène (DCO) est la consommation en dioxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. Elle permet d'évaluer la charge polluante des bourbiers.

La DCO est une des mesures principales des effluents pour les normes de rejet. La valeur soit de plafonnée lors d'un rejet dans le milieu naturel à 300 mg/l (si le flux est inférieur à 100 kg/j) et à 125 mg/l quand le flux est supérieur à 100 kg/j. Dans le cas de rejet en station la valeur peut être portée à 2000 mg/l.

La DCO est une mesure imprécise et sujette à caution. Si on souhaite être plus précis, il est recommandé d'utiliser le COT (carbone organique total) qui est beaucoup plus fiable et qui peut même être mesuré en ligne.

Pour réduire une DCO, on peut utiliser les systèmes suivants – oxydation chimique (UV, ozone, eau de Javel, peroxyde) - biodégradation (jusqu'au seuil de DCO dite dure (rapport DBO<sub>5</sub>/DCO < 0.2)) – nanofiltration.

- **La DBO<sub>5</sub>**

D'après la **FigV.2**, les valeurs de la DBO<sub>5</sub> varient de 107 (mg O<sub>2</sub>/l) avant traitement à 28.2 (mg O<sub>2</sub>/l) après traitement pour l'eau de bournier de forage analysé.

D'après les normes Algériennes fixée par l'OMS et le gouvernement Algérien, les eaux usées épurées doivent présentées une DBO<sub>5</sub> inférieur à 30 mg/l. La DBO<sub>5</sub> est peu inférieure à la norme. on a une valeur de 28.2 (mg/l) qui est inférieure à la norme de 30 mg/l cela explique qu'il ya eu une bonne dégradation de matières organiques

Nous remarquons donc que les valeurs de DBO<sub>5</sub> trouvées répondent aux normes. Les phénomènes d'auto-épuration dans les eaux superficielles résultent par la dégradation des charges organiques polluantes par les micro-organismes. L'activité de ces derniers tend à consommer de l'oxygène et c'est cette diminution de l'oxygène dans le milieu qui est mesurée par la DBO<sub>5</sub>. En effet, à 20° C la dégradation des matières organiques commence immédiatement. Il a été conventionnellement retenu d'exprimer la DBO<sub>5</sub> en mg/l d'oxygène consommé pendant 5 jours à 20°C.

La différence entre la DCO et la DBO est due aux substances qui ne peuvent pas être décomposées biologiquement.

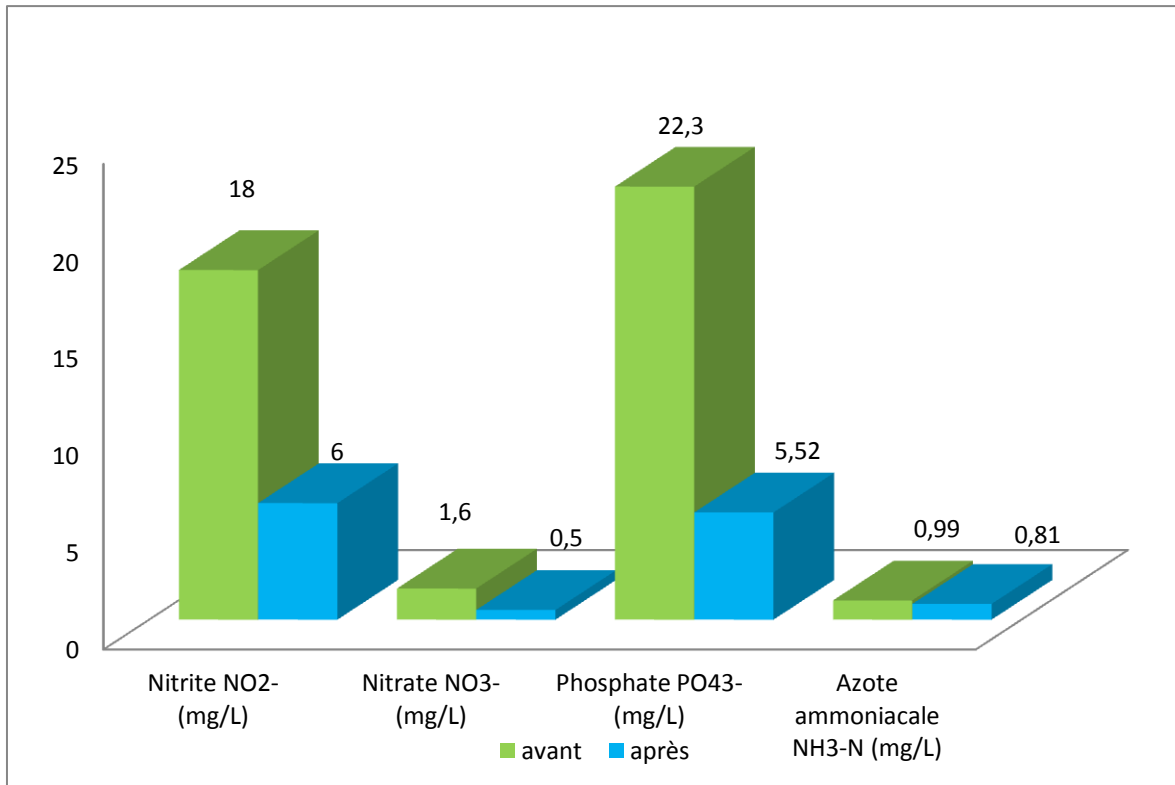
La valeur de la DCO est toujours plus élevée que celle de la DBO<sub>5</sub>, car de nombreuses substances organiques peuvent être oxydées chimiquement mais ne peuvent s'oxyder biologiquement.

Le rapport entre la DBO et la DCO constitue une mesure indicative de la « dégradabilité » biochimique des composés présents dans l'eau.

Le rapport DCO/ DBO évolue d'environ 2,5 (eau résiduaire récemment déversée) à 10-20 après décomposition totale. Dans ce dernier cas, on parle d'une eau bien minéralisée.

## V.2. Analyse les paramètres indicateurs de pollutions

Parmi les paramètres les plus importants, on peut citer, Nitrite  $\text{NO}_2^-$ , Nitrate  $\text{NO}_3^-$ , Phosphate  $\text{PO}_4^{3-}$ , Azote ammoniacale  $\text{NH}_3\text{-N}$  (mg/L).



**Fig V-4 :** Évolution des indicateurs de pollution dans l'eau de borbier avant et après traitement

### a. Les nitrites

D'après la **Fig V.4**, les valeurs de la concentration des Nitrites  $\text{NO}_2^-$  varie de 18 (mg/l) avant traitement jusqu'à 6 (mg/l) après traitement par S/S.

Nous remarquons que les valeurs des Nitrites trouvées après traitement répondent aux normes. Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique (quelques micromoles par litre d'azote nitreux). Une concentration supérieure à 0,10 mg/l ne devrait pas être dépassée dans une eau d'origine profonde. Les résultats obtenus révèlent que la majorité des puits ont des teneurs en nitrites qui dépassent le seuil de potabilité de 0,1 mg/l fixé par les normes françaises.

## **b. Les nitrates**

D'après la **Fig V.4**, les valeurs de la concentration des Nitrates  $\text{NO}_3^-$  varie de 1.6 (mg/l) avant traitement jusqu'à 0.5 (mg/l) après traitement. Nous remarquons que les valeurs des Nitrates trouvées répondent aux normes. Les nitrates sont solubles dans l'eau mais à l'état naturel, ils sont présents à de faibles teneurs. Les nitrates deviennent toxiques lorsqu'ils se transforment en nitrites. La réglementation limite à 50 mg/l, la teneur maximale en nitrates de l'eau potable. La consommation d'une eau présentant une concentration de nitrates supérieure à la norme mais inférieure à 100 mg/l est considérée comme temporairement acceptable.

Cependant, une forte concentration de nitrates, générée par les activités humaines (engrais, épandage de lisier, eaux usées non traitées...), peut être dangereuse pour la santé humaine (en particulier les nourrissons) car ils se dégradent en nitrites toxiques dans l'organisme. L'excès de nitrates peut être aussi responsable de l'eutrophisation des cours d'eau (asphyxie du milieu naturel par prolifération algale).

## **c. Phosphates**

D'après la **Fig V.4**, les valeurs de la concentration des Phosphates varie de 5.52 (mg/l) avant traitement 22.3 (mg/l) après traitement. Nous remarquons que les valeurs de phosphates trouvées après traitement répondent aux normes.

Les composés phosphorés sont des éléments nutritifs pour les végétaux et induisent donc une prolifération des algues dans les eaux de surface. Selon la concentration de phosphates dans l'eau, on peut observer un phénomène d'eutrophisation plus ou moins important. Ainsi, 1 g de phosphate-phosphore ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) peut entraîner une croissance d'algues de l'ordre de 100 g. Lorsque ces algues meurent, leur décomposition nécessite environ 150 g d'oxygène.

## **d. L'Azote ammoniacal**

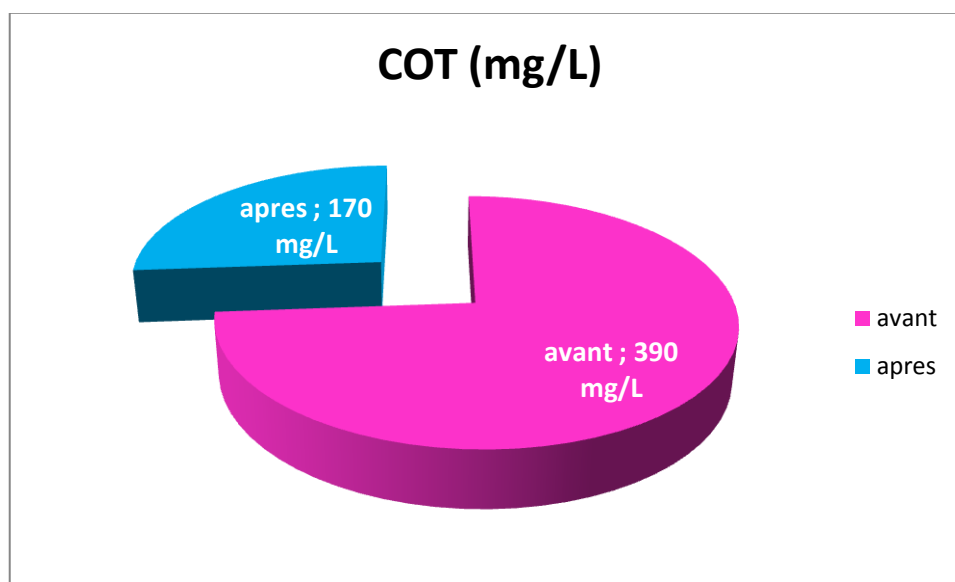
D'après la **Fig. V.4**, les valeurs de la concentration de l'azote ammoniacale varie de 0.99 (mg/l) avant traitement jusqu'à 0.81(mg/l) après traitement par S/S.

Nous remarquons que les valeurs de l'Azote ammoniacal trouvées après traitement par S/S répondent aux normes.

L'azote est un nutriment essentiel à l'activité biologique dans l'eau. Cependant, au-dessus d'une certaine concentration, sa présence peut entraîner des problèmes sérieux de pollution. D'abord, l'oxydation biologique du  $\text{NH}_4^+$  (nitrification) entraîne une consommation d'oxygène dans le cours d'eau, au détriment des espèces animales qui seront affectées et risquent de disparaître. De plus, la vie aquatique peut être gravement atteinte pour des concentrations en azote ammoniacal de l'ordre de 2 mg/L à un pH de 7,4 à 8,5 (Agences de l'Eau et Ministère de l'Environnement, 1994). En fait, une concentration supérieure à 1,5 mg N-  $\text{NH}_4^+$ /L peut altérer les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation, alors qu'une concentration de 0,5 mg N- $\text{NH}_4^+$ /L suffit pour entraîner des difficultés à traiter adéquatement l'eau potable. Normalement, les eaux usées contiennent peu de  $\text{NH}_3$ , car à pH normal l'équilibre chimique  $\text{NH}_4^+$  donne  $\text{NH}_3 + \text{H}^+$  est déplacé vers la gauche. Le  $\text{NH}_3$  commence à former l'essentiel du contenu en composés ammonium lorsque le pH de l'eau s'élève au-dessus de 8,5.

### V.3. Carbone organique total

D'après la **Fig V-5**, les valeurs de la concentration du carbone organique totale varie de 390 (mg/l) avant traitement à 170 (mg/l) après traitement.



**Fig V-5** : évaluation de COT avant et après traitement

#### V.4. Dosage des hydrocarbures totaux

La quantification des hydrocarbures totaux de C10 au C40 a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse (CPG). Le tableau (2) réunit les résultats obtenus sur le borbier avant et après traitement.

**Tableau V-2 :** Concentrations d'hydrocarbures totaux (C10-C40) dans l'échantillon.

Echantillon	AV/TR	AP/TR
concentration en hydrocarbure totaux (mg/l)	<b>11.8</b>	<b>1,06</b>
Valeur limite (mg/l)	10	10

Avant traitement, la teneur en hydrocarbures totaux dans le borbier est supérieure à la valeur limite réglementaire. Ceci s'explique par la présence de fortes concentrations en hydrocarbure dans les rejets de boues de forage. Ce borbier est par conséquent une source de pollution par les hydrocarbures.

Après traitement nous observons une chute importante des concentrations des hydrocarbures dans l'échantillon analysé. Cette concentration se situe au-dessous de la limite réglementaire. Il apparaît ainsi que le traitement utilisé a enrobé les hydrocarbures qui sont stabilisés dans la matrice cimentaire et ne sont donc pas entraînés par les eaux de pluie dans le sol. Le borbier présente une très forte pollution en hydrocarbures totaux soit 11.8 mg/L. La concentration en hydrocarbures chute de manière importante dans l'échantillon traité. Les plus faibles valeurs trouvées (1,06 mg/L) sont celles obtenues par le traitement Stabilisation/solidification.

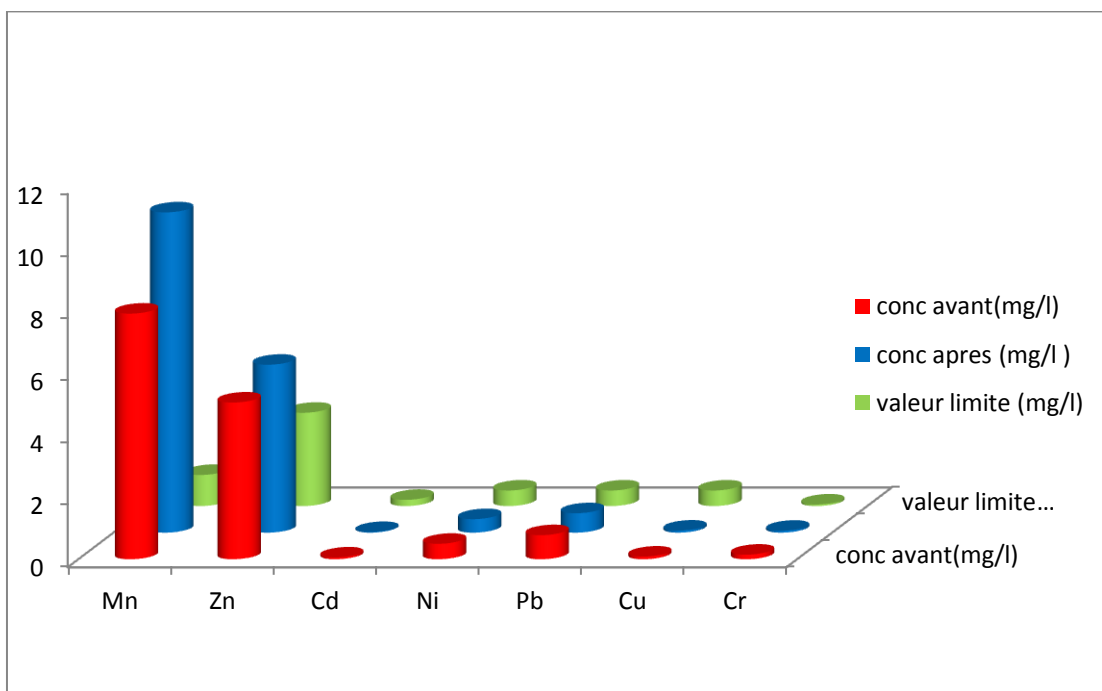
#### V.5. Analyse des métaux lourds

Afin de pouvoir contrôler l'efficacité du traitement effectué sur le borbier, nous avons procédé au dosage des métaux lourds présents dans l'échantillon avant et après leur traitement. Les résultats d'analyse des métaux lourds sont donnés dans le tableau V-3:



**Tableau V-3:** Résultat du test des métaux lourds sur l'échantillon de borbier.

Métaux lourds	Mn	Zn	Cd	Ni	Pb	Cu	Cr
Concentration avant (mg/l)	7.9	5,04	0,058	0,4966	0,7741	0,086	0,1475
concentration après (mg/l)	10.3	5,4	0,021	0.4344	0,6238	0,066	0,06107
valeur limite (mg/l)	1	3	0,2	0.5	0.5	0,5	0,05



**Fig V-6:** histogramme d'analyse des métaux lourds avant et après traitement.

Il ressort des résultats du tableau que les valeurs des concentrations des métaux lourds dans l'échantillon de borbier, sont supérieures aux valeurs limites acceptables fixées par le décret n°06-141 sur lequel se base Sonatrach pour évaluer les traitements de borbiers. On peut ainsi conclure que ce borbier représente une source de pollution par les métaux lourds.

En comparant les valeurs des concentrations des métaux, nous relevons que celles-ci diminuent avant et après traitement à l'exception du manganèse dont la concentration

augmente après traitement de 7.9 (mg/l) à 10.3 (mg/l) .et le zinc dont la concentration augmente de 5.04 à 5.40 (mg/l) pour le borbier.

Cette augmentation anormale du zinc et du manganèse après traitement peut être due à la présence de ces derniers dans les composés utilisés dans le traitement. Nous avons relevé, par ailleurs, que la valeur de la concentration du cadmium dans le borbier traité est le plus faible.

conclusion générale

La contamination par des déversements des déchets pétroliers est fréquente. Elle entraîne des risques pour l'environnement et la santé humaine.

Le travail réalisé dans ce mémoire consiste à étudier l'efficacité du traitement des borbiers contaminés par des polluants organiques et minéraux issus des rejets des boues de forage. Le traitement par solidification/stabilisation a été utilisé. Il permet d'immobiliser les déchets dans une matrice solide constituée de ciment et d'eau additionnée d'adjuvants afin d'empêcher leur migration dans le sol.

Une série d'analyses ont été effectuées pour une caractérisation physico-chimique d'échantillon provenant de borbier pour évaluer le degré de contamination de ce dernier avant et après leur traitement par la méthode solidification/stabilisation.

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

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

Une série d'analyses ont été effectuées pour une caractérisation physico-chimique de l'échantillon de borbiers pour évaluer le degré de contamination de ce dernier avant et après leur traitement par la méthode solidification/stabilisation.

D'après les résultats d'analyse du pH, du carbone organique total, des métaux lourds nous avons conclu que les traitements par stabilisation/solidification réalisés réduisent réellement et efficacement les polluants organiques et minéraux.

Nous avons montré, par ailleurs, que la formulation du traitement stabilisation/solidification proposée est la plus efficace en raison des meilleurs résultats obtenus, soit pour le carbone organique total, soit pour les métaux toxiques tels que le chrome ou le plomb. Il est à noter que les sols du bourbier étudié présentent une pollution organique, générée par les hydrocarbures totaux, et qui nécessite une réhabilitation par voie biologique, dont le principe consiste à augmenter la quantité de microbes (bactéries) pour dégrader les composés biodégradables.

- [1] : KRARROUBI Ratiba «Problème de coincement au niveau du turonien sur le champ de HMD» Mémoire d'ingénieur. Univ Boumerdes. 2006.
- [2] : Y Kouzmine, L'espace saharienne algérienne, (dynamique démographique et migratoire), maîtrise de géographie, université du France 2003.
- [3] : Aliev et ali,(structure géologique et perspective en pétrole et en gaz de l'Atlas algérienne) 1971.
- [4] : KHOJA. M., les fluides de forage : Etude de performances et considérations environnementales, Institut national polytechnique de toulouse 2008.
- [5] : Document interne SONATRACH DP.
- [6] : Peysson Y., 2004 . solid/ liquid dispersions in drilling and production. Oil and gas science and technology. IFP. 59 : 11-21.
- [7] : Nguyen P. ,1993. Le forage technique d'exploitation pétrolière, le forage technip.
- [8] : ABBAS Hadj Abbas, les borbiers des forages pétroliers, Thèse, Uni. De Ouargla, 2010/2011.
- [9] : ENGREF (Ecole National du Génie Rurale Des Eaux et des Forets),INSA Lyon, synthèse des données sur l'efficacité réelle des séparateurs à hydrocarbures : (synthèse technique),Novembre 2005..
- [10] : R. Marchai, S. Penet, F. Solano Serena et J. P. Vandecastelle,,203.Gasoline and diesel il biodegradation, Oil & Gas Science and Technology-Rev. IFR,58 (4), 4414.
- [11] : D.Brinkmann, J.Rohrs et K.Schiiger,1998.Bioremediation of diesel fuel contaminated soil in rotating bioreactor, Chem. Eng Technol.21,168-172.
- [12] : K.A.T.Berry et D.L.Burton, 1997. Naturelle attenuation of diesel fuel in heavy clay soil,soil science,(1997).
- [13] : J. P. Wauquier, 1994. Le raffinage du pétrole : pétrole brut, produit pétroliers, schémas de fabrication, eddition technip, paris, p478.
- [14] : [https:// /pollution de l'environnement/définition-de-la-pollution](https://pollution de l'environnement/définition-de-la-pollution)

- [15] : calvetR.1996. les pesticides et les polluants organique des sols ;transformation et dissipation . etude et gestion des sol. vol.3 , N°4 .
- [16] : Abid D, 1995. Synthèse sur les fluides de forage, rapport 419/94. Sonatrach CRD
- [17] : Rahmani. T et Bougutta .A (etude sur l'efficacité de traitement des bourbiers de forage pour la protection de l'environnement, cas de Hassi R'mel) 2004.
- [18] : Haiji Ahmed, 1998. Pollution des eaux par la circulation automobile.
- [19]: Robert Philippe, 2001. Le traitement des eaux pluviales auto , conception, utilisation et retour d'expérience. Synthèse technique. Montpellier
- [20] : D. Mackay, Y. Shluw et C. Mak, 1992. Illustrated handbook of physical, chemical Properti and environmental fate for organic chemicals, Edit Lewis Publishers 2.
- [21] : GARCIA C., PAIGOP., ‘’Boue de forage ‘’, Institut Français du pétrole(IFP)
- [22] : Argonne National Laboratory, Chevron Texaco & Marathon. Drilling waste management technology descriptions. Washington, USA: US Department of energy, September 2008
- [23] : OGP (International association of oil and gas producers). Guidelines for waste management with special focus on areas with limited infrastructure - Report No. 413, rev I.1. London, UK: OGP Publications, March 2009.
- [24] : MESP (solidification analyses use the Treatment of Drill Cuttings in HASSI MESSAOUD), 2013

Partie annexe



## ANNEXE

TABLEAU N°1 : constante physiques de quelque alcane [20].

	Formule globale	Masse molaire	T° d'ébullition °C (1 atm)	d <sup>15</sup> (liquide)
Méthane	CH <sub>4</sub>	16,0	-161,5	0,260
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,1	-88,6	0,377
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,1	-42,1	0,508
n- butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,1	-0,5	0,585
Isobutane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,1	-11,7	0,563
n-pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,1	36,1	0,631
n-Heptane	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100,2	98,4	0,688

TABLEAU N°2 : constante physiques de quelque cyclane.

	Formule globale	Masse molaire	T° d'ébullition °C (1 atm)	d <sup>15</sup> (liquide)
Cyclopentane	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70,1	49,3	0,750
Méthylcyclopentane	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84,2	71,8	0,753
Cyclohexane	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84,2	80,7	0,783
Méthylcyclohexane	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,2	100,9	0,774

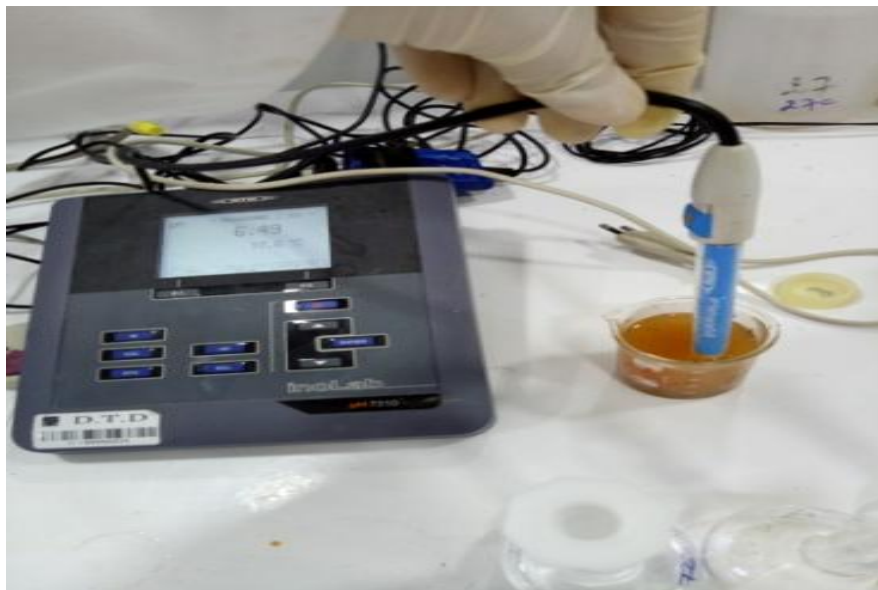
TABLEAU N°3 : constante physiques de quelque hydrocarbure aromatique.

	Formule globale	Masse molaire	T° d'ébullition °C (1 atm)	d <sup>15</sup> (liquide)
Benzène	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78,1	80,1	0,884
Toluène	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92,1	110,6	0,871
Ethylbenzène	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,2	136,2	0,871
O-xylène	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,2	114,4	0,884
M-xylène	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,2	139,1	0,868
p-xylène	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,2	138,4	0,865

TABLEAU N°4 : constante physiques de quelque hydrocarbure insaturés.

	Formule globale	Masse molaire	T° d'ébullition °C (1 atm)	d <sup>15</sup> (liquide)
Ethylène	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,0	-103,7	
Propylène	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,1	- 47,7	0,523
Butène-1	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,1	-6,3	0,601
Cis-butène 2	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,1	3,7	0,627
Trans-butène 2	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,1	0,8	0,610
Isobutène	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,1	-6,9	0,601
Pentène 1	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70,1	30,0	0,646
Butadiène-1,3	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	54,1	-4,4	0,627
Isoprène	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub>	68,1	34,1	0,686
Cyclopentadiène	C <sub>5</sub> H <sub>6</sub>	66,0	40,0	

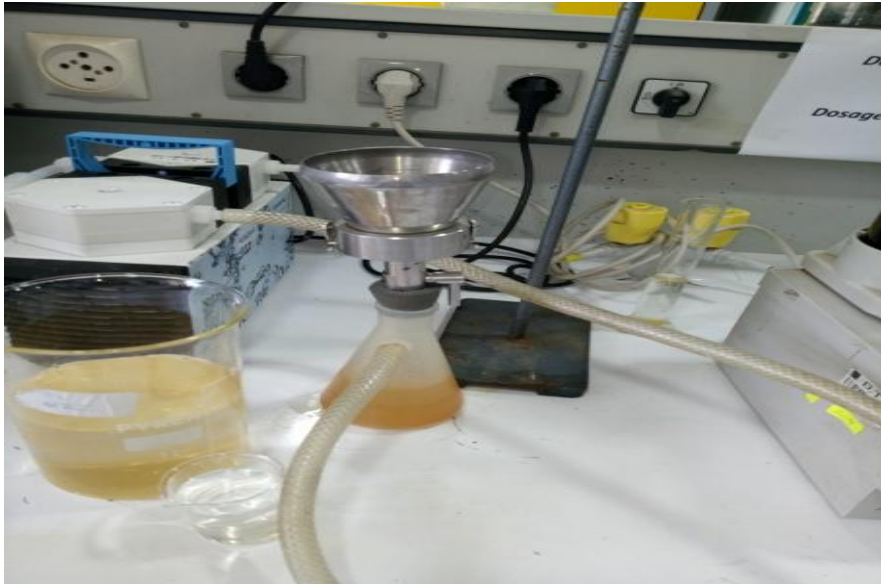
L'appareillages et les dispositifs utiliser au niveau du CRD .



**Fig. 1 : Analyse du pH**



**Fig. 2 : dispositif de mesure de la conductivité et l'oxygène dissous.**



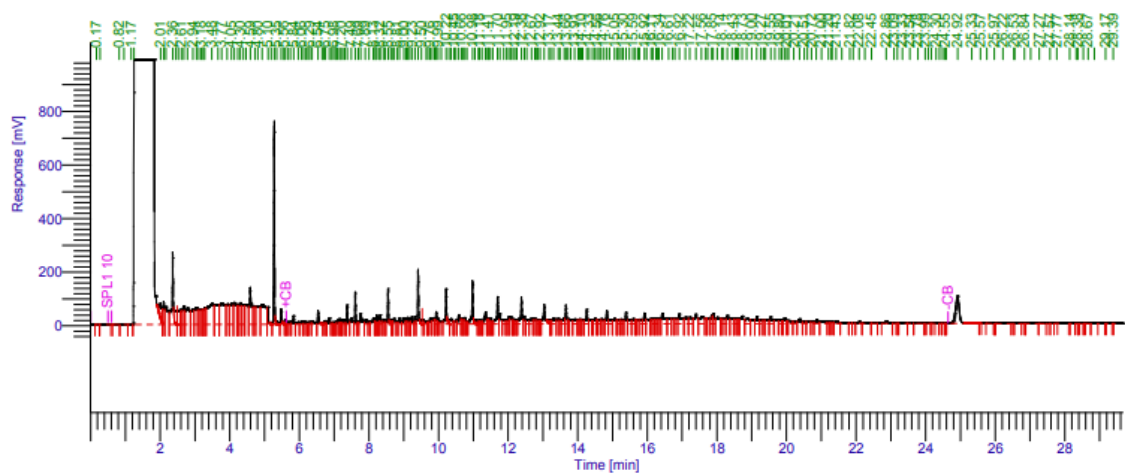
**Fig. 3:** la filtration sous pression.



**Fig. 4 :** Tube DCO



Fig. 5 : Flacons d'échantillons bruns en verre de 500 ml de capacité



### Indice Hydrocarbure dans l'eau

Pic #	Composé Nom	Temps [min]	Surface [uV*sec]	Hauteur [uV]	BL	Indice HC mg/l
1	HCT	15.045	16485373.19	4.67e+06		1.0622

Fig. 7 : l'indice d'hydrocarbure après traitement

### Spectrophotomètre type DR/2000

L'analyse par cet instrument s'appuie sur le fait que toute solution colorée traversée par un faisceau de lumière laisse passer une fraction de lumière incidente.



**Fig. 8 :** Spectrophotomètre type DR/2000.

**Remarque :** Le spectrophotomètre HACH DR/2010 est aussi utilisé pour mesurer le Fer total et les sulfates, sulfures et la turbidité FTU, sachant que chaque mesure a son propre programme numérique (longueur d'onde).

**Exemple :** Sulfate sa longueur d'onde est de 450.

## Résumé

Dans le cadre de la politique de développement de l'industrie pétrolière, l'état algérien a procédé au niveau de la zone de Hassi Messaoud à une intensification dans l'exploitation des installations et unités de productions industrielles et pétrolières ainsi que la réalisation de nombreux forages source d'importants rejets dans des bourniers causant une pollution entraînant ainsi dans l'immédiat un déséquilibre sur l'écosystème.

Devant cette situation alarmante l'état devra agir et entreprendre les mesures nécessaires et adéquates et adopter une stratégie efficace dans la dépollution de ces rejets à partir des méthodes mécaniques, chimiques et thermiques.

Après étude et réflexion, nous tenons à signaler l'efficacité de la technique de Stabilisation/ Solidification sur les bourniers de forage, que nous préconisons d'ailleurs comme solution à la dépollution de ces rejets.

**Les mots clés :** traitement des rejets, la pollution pétrolière, les normes, forage, traitement mécanique, traitement thermique, traitement chimique, stabilisation, solidification.

## ملخص

تواصلت على مستوى منطقة حاسي مسعود إلى تكثيف الاستغلال مرافق الإنتاج الصناعي والنفطي ووحدات الإنتاج ، فضلاً عن العديد من الآبار ، التي تشكل مصدرًا لعمليات التصريف الكبيرة في المستنقعات المسببة للتلوث ، مما يؤدي على الفور إلى حدوث خلل في النظام البيئي.

في مواجهة هذا الموقف المقلق ، سيتعين على الدولة العمل واتخاذ التدابير اللازمة والكافية واعتماد استراتيجية فعالة في إزالة هذه التصريفات باستخدام الطرق الميكانيكية والكيميائية والحرارية.

بعد الدراسة والانعكاس ، نود أن نشير إلى فعالية تقنية التثبيت / التصلب على عجائن الحفر ، والتي نوصي بها كحل لإلغاء هذه التصريفات.

**الكلمات المفتاحية:** معالجة النفايات ، تلوث الزيت ، المعايير ، الحفر ، المعالجة الميكانيكية ، المعالجة الحرارية ، المعالجة الكيميائية ، التثبيت ، التصلب

## Abstract

As part of the development policy of the oil industry, the Algerian state proceeded at the level of the Hassi Messaoud area to intensify the exploitation of industrial and oil production facilities and units as well as the realization of numerous Drilling is the source of large discharges into quagmires causing pollution, thus imminently causing an imbalance in the ecosystem.

Faced with this alarming situation, the state will have to act and take the necessary and adequate measures and adopt an effective strategy in the depollution of these discharges using mechanical, chemical and thermal methods.

After study and reflection, we would like to point out the effectiveness of the Stabilization / Solidification technique on the drilling sloughs, which we recommend as a solution to the depollution of these discharges.

**Key words:** waste treatment, oil pollution, standards, drilling, mechanical processing, heat treatment, chemical treatment, stabilization, solidification.