

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**

**FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE ET SCIENCES DE  
LA MATIERE**

**Département de Génie des**

**Procédés**



**Mémoire**

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine :** Sciences et Techniques

**Filière :** Génie des Procédés

**Spécialité :** Génie Chimique

Présenté par : **BACHOUCHE Amina**

**Thème**

**Traitement des eaux usées de la station  
de déshuilage de Haoud Berkaoui**

Soutenu le **16/06/2013**

**Devant le jury :**

ZERROUKI Djamel	MCA UKM OUARGLA	Président
CHAOUKI Mourad	MAA UKM OUARGLA	Examineur
CHAOUCH Noura	MAA UKM OUARGLA	Rapporteur

**Année universitaire 2012/2013**



## **REMERCIEMENTS**

*Au terme de ce modeste mémoire, je tiens à remercier Dieu, qui ma donnée  
le courage pour arriver au bout de mes études.*

*Ma profonde gratitude à Monsieur **ZERROUKI Djamal** pour avoir accepté de  
présider ce jury.*

*Je remercie Monsieur **CHAOUKI Mourad** de bien vouloir accepter d'examiner  
ce travail.*

*Je remercie, mon encadreur **M<sup>ELLE</sup>. CHAOUCH Noura** pour ses conseils  
judicieux et ses orientations fructueuses.*

*Je remercie très chaleureusement Monsieur **A.ABDERAHIM**, pour son  
aide, ses encouragements et ses conseils.*

*Je tiens à exprimer mes remerciements à tout le personnel de laboratoire  
de la région Haoud Berkaoui, en particulier **M<sup>me</sup>. CHAICH** responsable du  
laboratoire.*

*J'adresse mon respect et mes remerciements **M<sup>me</sup>. BEN KARA**, pour son  
suivi et ses conseils tous au long de la période de stage.*

*Je remercie profondément tous les enseignants qui ont contribué à me  
transmettre l'inestimable trésor qui est le savoir.*

*Enfin, je remercie toute personne ayant contribué de près ou de loin à la  
réalisation de ce modeste travail dans de meilleures conditions.*





# Dédicace

*JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL :*

*A ma très chère **Mère** et à mon cher **Père**, en témoignage et en gratitude de Leurs dévouements, de leurs soutiens permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconforts moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation et mon instruction pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.*

*A mes adorables sœurs et mon cher frère.*

*A toutes ma grande famille.*

*A mes chers beaux-parents.*

*A tous mes enseignants et camarades de promotion Génie des procédés.*

N°	Le titre	Page
	Introduction	01
<b>Chapitre I: Synthèse Bibliographique.</b>		
I	Présentation de la station de déshuilage du champ de Haoud Berkaoui.	02
I-1	Station de déshuilage du champ Haoud Berkaoui.	02
I-2	Schéma technologique de la station de déshuilage.	02
II	Techniques de traitement.	05
II-1	Coagulation.	05
II-2	Floculation.	05
II-3	Décantation.	06
II-4	L'électrocoagulation.	06
<b>Chapitre II: Matériels et méthodes.</b>		
II-1	Appareillage.	09
II-2	Matériels.	10
II-3	Produits chimiques.	10
II-4	Techniques de mesure.	10
II-4-1	Mesure de pH.	10
II-4-2	Mesures des Matières en suspension, de la turbidité et de la teneur en hydrocarbures.	10
II-5	Techniques de traitement des eaux.	11
II-5-1	Technique de coagulation, floculation et décantation.	11
II-5-1-1	Préparation des coagulants.	11
II-5-1-2	Déroulement de l'expérience.	11
II-5-2	Technique d'électrocoagulation.	12
II-5-2-1	Optimisation des conditions de traitement.	12
II-5-2-2	Déroulement de l'expérience.	12
<b>Chapitre III : Résultats et discussions.</b>		
III-1	Caractérisation de l'eau usée.	13
III-2	Traitement des eaux par coagulation, floculation et décantation.	13
III-2-1	Coagulant C <sub>1</sub> .	13
III-2-2	Coagulant C <sub>2</sub> .	14
III-3	Traitement des eaux par électrocoagulation.	14
III-3-1	Choix de matériaux des électrodes et du temps d'électrolyse.	14
III-3-2	Choix de l'intensité du courant.	16
III-4	Choix de la technique de traitement.	19
	Conclusion.	21
	Bibliographie.	22

<b>N°</b>	<b>Figures</b>	<b>Page</b>
	Chapitre I : Synthèse bibliographique.	
1	Station de déshuilage du champ de Haoud Berkaoui.	02
2	Procédé de traitement de la station de déshuilage du champ de H.B.K.	03
3	Principe de l'électrocoagulation.	06
4	Evolution du pH, teneur en hydrocarbures, turbidité et des MES au cours du temps (électrode en Al).	15
5	Evolution du pH, teneur en hydrocarbures, turbidité et des MES au cours du temps (électrode en Fe).	15
6	Evolution du pH en fonction de l'intensité de courant.	17
7	Evolution du taux de MES en fonction de l'intensité de courant.	17
8	Evolution de la turbidité en fonction de l'intensité de courant.	18
9	Evolution de la teneur en hydrocarbures en fonction de l'intensité de courant.	18
10	Résultats obtenus après électrocoagulation et coagulation, floculation et décantation.	19

N°	Tableaux	Page
Chapitre II: Matériels et méthodes.		
1	Listes des produits chimiques.	11
2	Conditions d'analyse avec un Spectrophotomètre DR/2000.	12
3	Conditions de préparation des coagulants.	12
Chapitre III: Résultats et discussions.		
4	Les caractéristiques initiales de l'échantillon.	13
5	Effet la dose du coagulant C <sub>1</sub> sur le procédé de traitement.	13
6	Effet la dose du coagulant C <sub>2</sub> sur le procédé de traitement.	14
7	Rendement de traitement par électrocoagulation.	16
8	Norme (H.B.K) et les meilleurs résultats relatifs à chaque technique.	19

# Introduction

Les puits producteurs de pétrole, les usines de traitement de gaz et les raffineries produisent quotidiennement de grandes quantités d'eaux contaminées par des hydrocarbures, des particules solides et des matières en suspension.

La minimisation de l'impact de l'industrie pétrolière sur l'homme et l'environnement est devenue une des principales préoccupations des pays producteurs de pétrole. Elle constitue actuellement une composante essentielle dans la stratégie de développement des entreprises.

En Algérie, Haoud Berkaoui est l'une des dix (10) principales zones productrices de pétrole. Elle est située à 770 Km au sud de la capitale Alger et englobe trois centres de production à savoir : le centre de Haoud Berkaoui, le centre de Guellala et le centre de Benkahla.

Le centre de haoud berkaoui assure la production de brut, la récupération de gaz torché, l'injection de l'eau et le traitement des eaux usées industrielles.

Dans le cadre de la concrétisation de la politique de l'entreprise relative à la protection de l'environnement, la direction régionale de Haoud Berkaoui a mis en place une station de déshuilage dans chaque centre producteur. Ces stations dont la capacité de traitement est de 100 m<sup>3</sup>/h assurent à la fois la récupération des hydrocarbures et la production d'eau de réinjection.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'efficacité de deux méthodes à savoir l'électrocoagulation et la coagulation chimique dans le traitement des eaux usées industrielles produites au niveau du champ de Haoud Berkaoui.

Ce manuscrit est composé de trois (03) chapitres:

- Chapitre I : Synthèse bibliographique.
- Chapitre II : Matériels et méthodes.
- Chapitre III : Résultats et discussions.



# Chapitre I

## Synthèse bibliographique

## I- Présentation de la station de déshuilage du champ de Haoud Berkaoui

### I-1-Station de déshuilage du champ Haoud Berkaoui

La station de déshuilages du champ de Houad Berkaoui (Figure N°01) garantis la récupération des hydrocarbures et la production d'eau de réinjection. dont les seuils des valeurs des caractéristiques doivent être en dessous de 5 mg/l pour la teneur en hydrocarbures, de 30 mg/l pour les matières en suspension (MES) et un pH variant entre 6.9 et 7.5 [1].



**Figure N°01 : Station de déshuilage du champ de Haoud Berkaoui.**

### I-2-Schéma technologique de la station de déshuilage

Le schéma technologique du procédé de traitement des eaux au niveau de la station de déshuilage est présenté dans la figure N°02 ci- après.

Un ballon de flash (40 m<sup>3</sup>/h de capacité) est placé en amont de la station de déshuilage en vue de séparer les huiles et les gaz.

Les gaz sont envoyés vers la torche tandis que les effluents collectés au fond du ballon de flash sont acheminés vers le bac tampon **S-101** (500 m<sup>3</sup>/h de capacité).

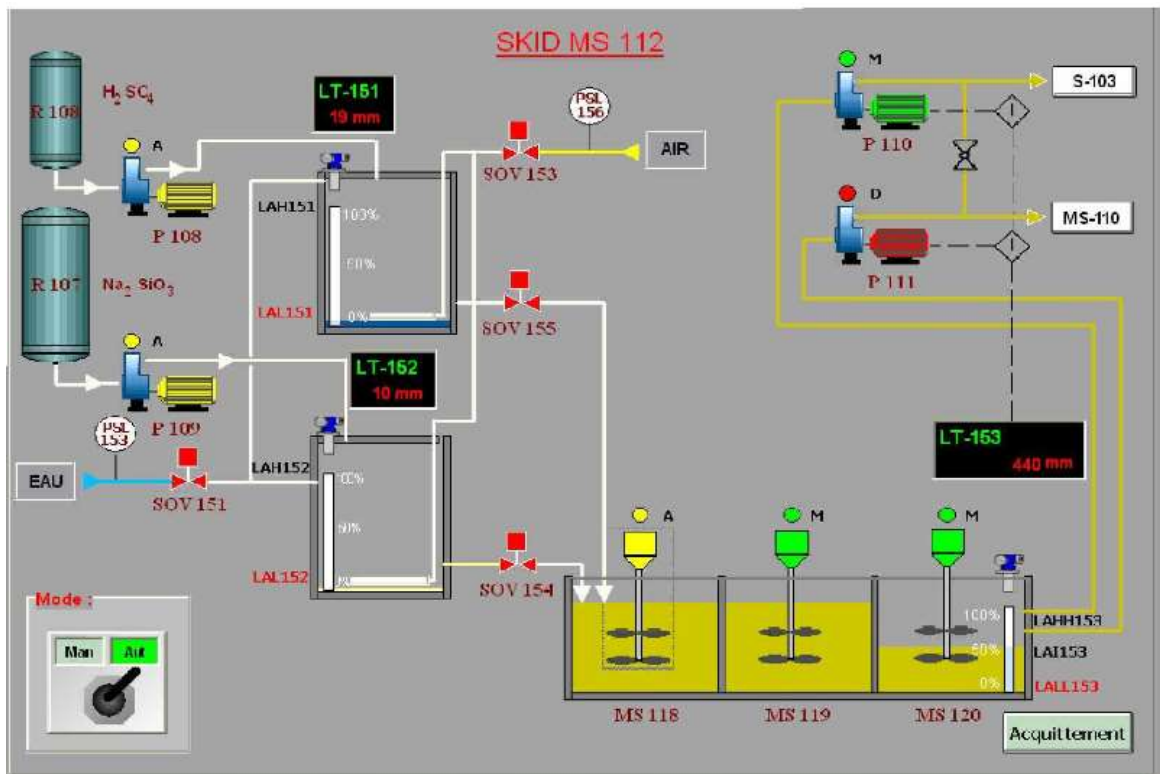
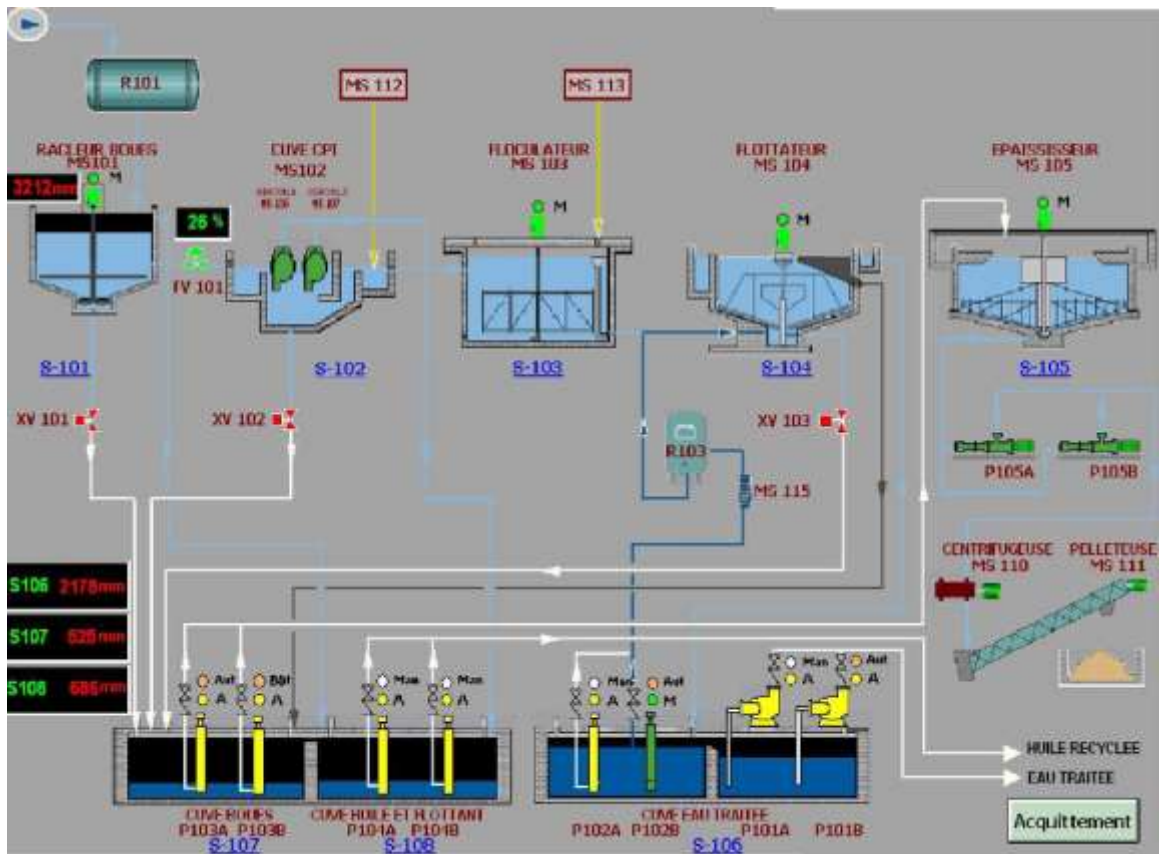


Figure N°02 : Procédé de traitement de la station de déshuilage du champ de H.B.K.

Au niveau du bac tampon **S-101**, l'huile flottant est récupérée par un système écrème puis envoyée vers la cuve d'huile **S-108** alors que les matières en suspension sont rassemblés au fond du bassin comme couche de sédiments formant des boues. Ces dernières sont assemblées par un racleur **MS-101** et envoyer vers une cuve à boues **S-107** à travers une vanne automatique **XV-101**.

Les effluents sortants du bac tampon sont canalisées vers la cuve **C.P.IMS-102** (30 m<sup>3</sup>/h de capacité) ou l'huile surnageant est envoyée par un déshuileur à disques rotatifs **MS-106** et **MS-107** vers la cuve d'huile **S-108**, la boue est évacuée à travers la vanne automatique **XV-102** vers la cuve à boues **S-107** et l'eau chargée en MES est canalisées vers la cuve de floculation **S-103** pour un éventuelle traitement qui consiste en l'ajout d'un coagulant à l'entrée et d'un floculant à la sortie. Ces deux agents chimiques sont fournis par des unités de dosage chimique **MS-112** et **MS-113**.

L'eau qui arrive par gravité à la cuve de flottation **S-104** se mélange à l'eau saturée en air. Les floccs raclés à la surface de l'eau ainsi que la boue formée sont acheminés également vers la cuve à boues tandis que l'eau traitée est envoyée vers une cuve d'eau traitée **S-106**.

La cuve d'eau est constituée de deux compartiments, comportant chacun deux pompes. Les **P-101A/B** refoulant l'eau traitée vers l'extérieur à 60 m<sup>3</sup>/h et 15 bars alors que les **P-102A/B** recyclent une partie de l'eau traitée vers un ballon de saturation à air **R-103** pour un éventuelle mélange avec le fluide sortant de la cuve de floculation **S-103**.

Les boues rassemblées dans la cuve **S-107** sont pompées par les pompes **P-103A/B** à 10 m<sup>3</sup>/h et 1,5 bar vers un épaisseur de boue **S-105** dans laquelle le racleur **MS-105** assure l'homogénéité de la concentration des boues à envoyer par les pompes **P-105A/B** à 6 m<sup>3</sup>/h et 2,5 bars vers la centrifugeuse **MS-110** pour une déshydratation puis à l'extérieur du hangar **H-101** ou elles sont enlevées par une pelle mécanique et enterrées dans des tranchées imperméables **S-111 A/B/C**.

## II-Techniques de traitement des eaux

### II-1-Coagulation

Les particules colloïdales en solution sont naturellement chargées négativement. Ainsi, elles tendent à se repousser mutuellement et restent en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution.

La coagulation consiste en la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives. On utilise, pour ce faire, des réactifs chimiques (minéraux ou organiques) nommés coagulants [2]. Les principaux facteurs influençant le processus de coagulation sont :

❶ **Le pH** : ce paramètre influe considérablement sur le processus de coagulation. En effet pour chaque eau, il existe une gamme de pH pour laquelle la coagulation a lieu rapidement. Cette gamme dépend de la nature du coagulant utilisé, de sa concentration et de la composition de l'eau à traiter. Lorsque la coagulation se produit hors de cette gamme optimale, il faut augmenter la quantité du coagulant.

❷ **Les sels dissous** : les sels contenus dans une eau influent sur la coagulation car ils provoquent :

- Une modification de la gamme de pH optimal.
- Une modification de la quantité de coagulant.
- Une modification du temps requis pour la floculation.

❸ **L'agitation** : le mélange des coagulants se fait en deux étapes à savoir:

- Un mélange rapide de courte durée (60 s au maximum) en vue de disperser les produits dans la totalité du volume d'eau à traiter.
- Un mélange lent (30 à 60 min) pour favoriser le contact entre les particules déstabilisées.

Un mélange inadéquat entraîne éventuellement un accroissement de la quantité de coagulants [1].

### II-2-Floculation

La floculation a pour but l'augmentation de la possibilité de contact entre les particules déstabilisées par coagulation afin de former des floes.



Cette opération est assurée par des flocculants qui sont, dans leur grande majorité, des polymères à haut poids moléculaire possédant des groupes réactifs de charge inverse à celle de la suspension à traiter [2].

### II-3-Décantation

Cette méthode fondée sur le phénomène de sédimentation vise la séparation des particules en suspension dans un liquide, par dépôt sous l'action de leurs poids (décantation gravimétrique) ou per force centrifugeuse (décantation centrifuge). Le phénomène de sédimentation peut se manifester différemment selon la concentration de la suspension, les caractéristiques propres des particules et les interactions possibles entre elles [1].

### II-4-Electrocoagulation

Il s'agit d'une technique de séparation alternative à la coagulation flocculation qui permet la formation des cations métalliques in situ par électrodissolution d'anode métallique soluble suite au passage du courant. Les cations coagulants et les hydroxydes métalliques vont alors interagir avec les particules colloïdales chargées négativement et permettent la neutralisation de leur charge et leur coagulation. La flocculation dans ce cas est favorisée par la mise en mouvement des particules colloïdales sous l'action du champ électrique (Figure N°03) [3].

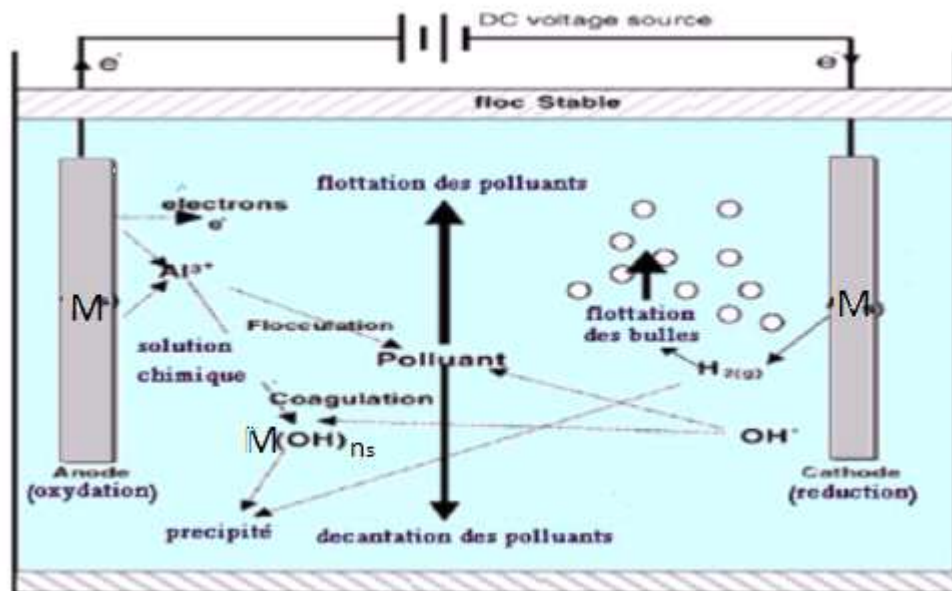


Figure N°03: Principe de l'électrocoagulation.

Les anodes et les cathodes utilisées peuvent avoir divers forme géométrique (plaques planes parallèles, boules, sphères en lit fluidisé, fil et tige) [4].

Les métaux communément utilisés dans le domaine de traitement des eaux sont le fer et l'aluminium. En plus de leurs prix abordables, ces métaux fournissent par dissolution dans les solutions à traitées, des électrolytes à forts pouvoir déstabilisant. Ces électrolytes peuvent agir, par réaction ou par adsorption chimique avec des composés de la surface des particules et modifient de façon irréversible la charge particulaire [5]. Les principaux facteurs influençant le processus d'électrocoagulation sont :

### ❶ Le temps d'électrolyse et l'intensité du courant

Si l'on considère que les seules réactions chimiques qui se déroulent dans le réacteur d'électrocoagulation sont une oxydation du métal à l'anode et une réduction de l'eau à la cathode. Il est possible de déterminer la masse de métal dissoute et d'hydrogène formé pendant une durée d'électrolyse  $t$  à un courant  $I$ , en utilisant la loi de Faraday :

$$m = \left( \frac{ItM}{nF} \right) \quad (1)$$

Avec:

- $m$  : masse du métal dissous ou de gaz formé (g) ;
- $I$  : intensité du courant imposé (A) ;
- $t$  : durée d'électrolyse (s) ;
- $M$  : poids moléculaire de l'élément considéré (g/mol) ;
- $F$  : constante de Faraday (96500 C/mol) ;
- $n$  : nombre d'électrons mis en jeu dans la réaction considérée.

Toutefois, lorsqu'un courant trop grand est utilisé, il y a de fortes chances de perdre de l'énergie électrique par une chute ohmique dans la masse de la solution, qui transforme une partie de l'énergie électrique fournie en chaleur, par effet joule. La chute ohmique est caractéristique de la composition de la solution et de sa conductivité [4].

❷ **Le pH** : le pH détermine l'état du métal dans l'eau à traiter et conditionne à cet effet le rendement du processus. La performance du traitement dépend de la nature des polluants avec une meilleure élimination des polluants trouvés près de pH de 7. La consommation d'énergie est cependant plus élevée à pH neutre en raison de la variation de la conductivité. Lorsque la conductivité est élevée, l'effet du pH n'est pas significatif [6].

③ **Température** : la température de l'effluent peut entraîner la variation du potentiel de réduction du processus électrolytique ainsi que la variation des constantes de solubilité des précipités métallique.

Etant donné que, les valeurs des potentiels standards de réduction et les constantes de solubilité sont établies à 25°C, la plupart des chercheurs préfèrent maintenir la température de leur unité d'électrocoagulation à température oscillant de 20 à 25°C [7].

# *Chapitre II*

## **Matériels et méthodes**

## II-1-Appareillage

Les appareils utilisés dans cette étude ainsi que leur principe de fonctionnement sont présentés comme suit :

### ❶ pH-metre type HANNA.

La différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence plongé dans une même solution est fonction linéaire du pH de celle-ci selon la loi de NERST:

$$E = E_0 + \frac{2,3RT}{n} F \log a_H \quad (2)$$

Avec:

- E: potentiel mesuré (Volt) ;
- $E_0$ : constante dépendant de l'électrode de référence et de la solution interne ;
- R: constant des gaz parfait (J/mole.K) ;
- T: température absolue (K) ;
- n : charge des ions ;
- F : constante de Faraday 96500 c ;
- $a_H$ : activité de l'ion  $H^+$  dans l'échantillon [8].

### ❷ 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 ; la quantité de lumière absorbée est proportionnelle à la concentration du composé coloré recherché comme le montre la loi de Beer – Lambert:

$$DO = \log I / I_0 = \epsilon.l.C \quad (3)$$

Avec:

- DO : densité optique ;
- I et  $I_0$  : intensité du faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$  à l'entrée et à la sortie de la cellule de référence ;
- l : épaisseur de la cellule de référence (cm) ;
- C : concentration de l'élément recherché (mg/l ou mole/l) ;
- $\epsilon$  : coefficient d'extinction molaire (l/mg.cm ou l/mole.cm) [8].

### ❸ Flocculateur type ISCO

Le flocculateur est un appareil couramment utilisé pour les essais de coagulation et de floculation.



Cet appareil est composé de six béciers de un litre de capacité et de six agitateurs mécaniques comprenant des pales de 1,5 x 8,5 cm qui tournent de 20 à 250 tr/min.

## II-2-Matériels

- Un réacteur : cellule en verre de forme de parallélépipédique (10x7.5x12cm),
- Des électrodes (en fer ou en aluminium) : tiges de 25 cm de long et de 3 mm de diamètre. La surface active d'un électrode est de 23,55 cm<sup>2</sup>.

## II-3-Produits chimiques

Les réactifs employés dans cette étude sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau N° 01 : Listes des produits chimiques.**

Produits chimiques	Formules chimiques
Solvant 38	produit commercial
Silicate de sodium	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>
Acide Sulfurique	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Kurifix	Produit commercial

## II-4-Techniques de mesure

### II-4-1-Mesure de pH

Après avoir étalonné le pH-mètre, plonger l'électrode dans l'échantillon et attendre jusqu'à ce que la valeur du pH se stabilise.

### II-4-2-Mesures des Matières en suspension, de la turbidité et de la teneur en hydrocarbures

L'ensemble de ces paramètres sont évaluées au moyen du spectrophotomètre DR 2000 sous des conditions spectrales différentes comme le montre le tableau N°02.

**Tableau N°02 : Conditions d'analyse avec un Spectrophotomètre DR/2000.**

Paramètres	Longueur d'onde (nm)
Matières en suspension	810
Turbidité	750
Hydrocarbures	410

Notons que, pour l'analyse des hydrocarbures, il est recommander d'effectuer au préalable, une extraction liquide/liquide avec le solvant 38.

## II-5-Techniques de traitement des eaux

En vue d'améliorer le rendement de la station de déshuilage, deux techniques de traitement des eaux usées ont été étudiées à savoir :

- La technique basée sur la coagulation, floculation et décantation actuellement appliquée au niveau de la station ;
- La technique basée sur l'électrocoagulation pour une éventuelle application au niveau de la station.

### II-5-1-Technique de coagulation, floculation et décantation

#### II-5-1-1-Préparation des coagulants

Dans cette partie du travail, deux (02) coagulants à base de silicate de sodium ont été préparés suivant les recommandations présentées dans le tableau N°03.

**Tableau N°03 : Conditions de préparation des coagulants.**

Eau de préparation	Silicate de sodium (% massique)	Acide sulfurique (% massique)	Désignation du coagulant
Eau de service	4	1,2	C <sub>1</sub>
		1,4	C <sub>2</sub>

Le choix des pourcentages de silicate de sodium et de l'acide sulfurique est fondé sur des études préalablement effectuées au niveau du centre de Haoud Berkaoui. Ces travaux ont montrés que ces pourcentages permettent d'obtenir des rendements de traitement satisfaisant.

#### II-5-1-2- Déroulement de l'expérience

En vue de choisir le coagulant et la dose optimale de traitement, huit (08) préparations de coagulants ont été testées selon le protocole expérimental :

- Remplir les 4 béchers du flocculateur avec 500 ml de l'eau à traiter ;
- Ajouter des doses croissantes (6ml, 8ml, 10ml, 12ml) de chacune des 02 solutions de coagulants précédemment préparées et agiter à 80 tr/mn pendant 15 minutes ;
- Après la réduction de la vitesse d'agitation à 30 tr/mn pendant 10 minute, ajouter 1 ml de kurifix;

- Après 30 minute de décantation, prélever 25 ml de chaque b cher et m surer les paramètres suivants : pH, MES, turbidité et hydrocarbures.
- Calculer le pourcentage d'élimination de chaque paramètre en appliquant la formule suivante :

$$P (\%) = (P_i - P_f) \times 100 / P_i \quad (4)$$

$P_i$  et  $P_f$  correspondant aux teneurs initiales et finales des paramètres étudiés.

## II-5-2-Technique d'électrocoagulation

### II-5-2-1-Optimisation des conditions de traitement

En vue d'optimiser les conditions relatives à cette technique, certains choix ont été étudiés à savoir :

- ▶ Matériaux de l'électrode : deux types de matériaux ont été testés :
  - Fer ;
  - Aluminium.
- ▶ Temps d'électrolyse: 10 – 60 minutes.
- ▶ Intensité de courant : l'effet de l'intensité de courant sur l'efficacité de traitement à été mis en évidence à travers l'essai de quatre intensités de courant a savoir 0.2,0.3, 0.4, 0.5 et 0.6A.

### II-5-2-2-Déroulement de l'expérience

Dans cette expérience, une prise d'essai de 900 ml de l'eau à traitée est disposée dans la cellule d'électrolyse ou se trouve immergée deux électrodes (en fer ou en aluminium), branch es à un générateur de courant réglé à une intensité de courant de 0,6 A pendant un temps d'électrolyse variant entre 10 et 60 min. Après chaque opération :

- Prélever 35 ml de l'eau traitée ;
- Après 20 minute de décantation, mesurer les paramètres suivants : Le pH, les MES, la turbidité et la teneur en hydrocarbures ;

Une fois le matériau de l'électrode et le temps d'électrolyse sont choisis, les expériences sont reprises avec les intensités de courant variant de 0,2   0,6A.

# Chapitre III

## Résultats et discussions

### III-1- Caractérisation de l'eau usée

Les caractéristiques d'un échantillon d'eau usée prélevé à la sortie du bac tampon S-101 sont regroupées dans le tableau suivant :

**Tableau N°04 : Caractéristiques des eaux usées traitées au niveau de la station H.B.K**

Paramètres	Teneur
<b>pH</b>	5.83
<b>MES (mg/l)</b>	720
<b>Turbidité (NTU)</b>	527
<b>THC (mg/l)</b>	210

L'eau à traiter est caractérisée par un pH légèrement acide, une turbidité élevée et un taux important de MES et des hydrocarbures.

### III-2-Traitement des eaux par coagulation, floculation et décantation

L'effet de la dose des coagulants préparés sur le procédé de traitement qui comporte une coagulation, une floculation et une décantation est montré dans ce qui suit :

#### III-2-1- Coagulant C<sub>1</sub>

Les résultats relatifs à l'étude de l'effet de la dose du coagulant C<sub>1</sub> sur le procédé traitement sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau N°05: Effet la dose du coagulant C<sub>1</sub> sur le procédé de traitement.**

Quantités→	6 ml	8 ml	10 ml	12 ml
<b>Paramètres</b>				
<b>pH</b>	5.34	5.56	5.89	6.01
<b>MES (mg/l)</b>	147	135	122	100
<b>Turbidité (NTU)</b>	210	204	187	123
<b>THC (mg/l)</b>	129	113	107	89

Les différentes doses du coagulant C<sub>1</sub> génèrent :

- ↗ Une augmentation de pH de 5,34 à 6,01 ;
- ↗ Une réduction du taux de MES de 147 à 100 mg/l ;
- ↗ Une réduction de la turbidité de 210 à 123 NTU ;
- ↗ Une réduction de la teneur en hydrocarbures de 129 à 89 mg/l.



La dose du coagulant assurant un minimum de traitement correspond à 6 ml tandis que celle correspondant au maximum de traitement est de 12 ml.

### III-2-2- Coagulant C<sub>2</sub>

Les résultats relatifs à l'étude de l'effet de la dose du coagulant C<sub>2</sub> sur le procédé de traitement sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau N°06: Effet de la dose du coagulant C<sub>2</sub> sur le procédé de traitement.**

Quantités → Paramètres	6 ml	8 ml	10 ml	12 ml
pH	5.23	5.8	5.58	5.71
MES (mg/l)	155	147	135	120
Turbidité (NTU)	264	260	254	192
THC (mg/l)	142	126	110	97

Les différentes doses du coagulant C<sub>1</sub> assurent :

- ↪ Une augmentation de pH de 5,23 à 5,71 ;
- ↪ Une réduction du taux de MES de 155 à 120 mg/l
- ↪ Une réduction de la turbidité de 264 à 192 NTU ;
- ↪ Une réduction de la teneur en hydrocarbures de 142 à 97 mg/l.

La dose du coagulant assurant un minimum de traitement correspond à 6 ml alors que celle correspondant au maximum de traitement est de 12 ml.

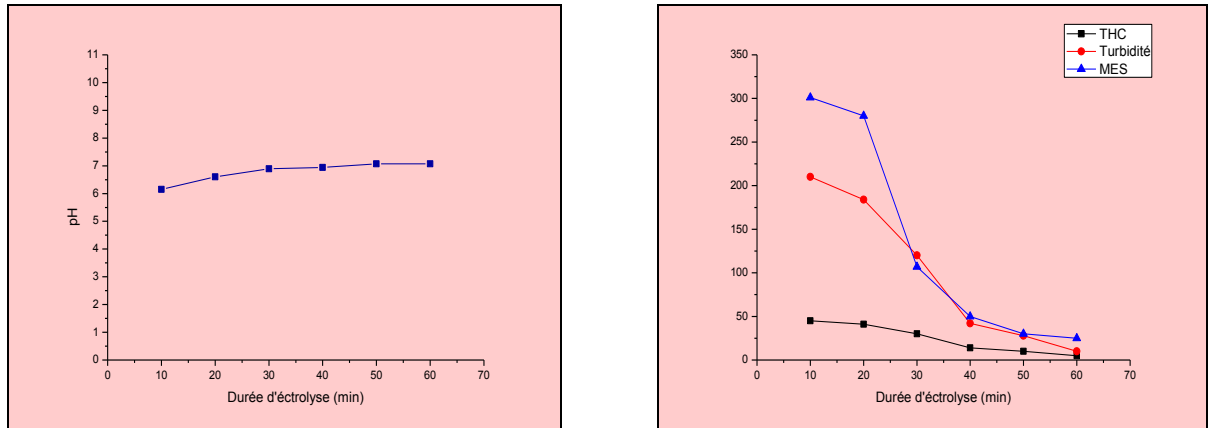
A travers cette analyse relative à chaque coagulant, on conçoit que pour chaque préparation l'efficacité de traitement augmente en sens direct avec la dose du coagulant. Ainsi la dose optimale relative à chaque coagulant préparé est de 12 ml par 500 ml d'eau.

Toutefois, le coagulant C<sub>1</sub> a montré une efficacité meilleure de traitement (à l'exception du pH) mais qui reste toujours loin des normes imposés par l'entreprise.

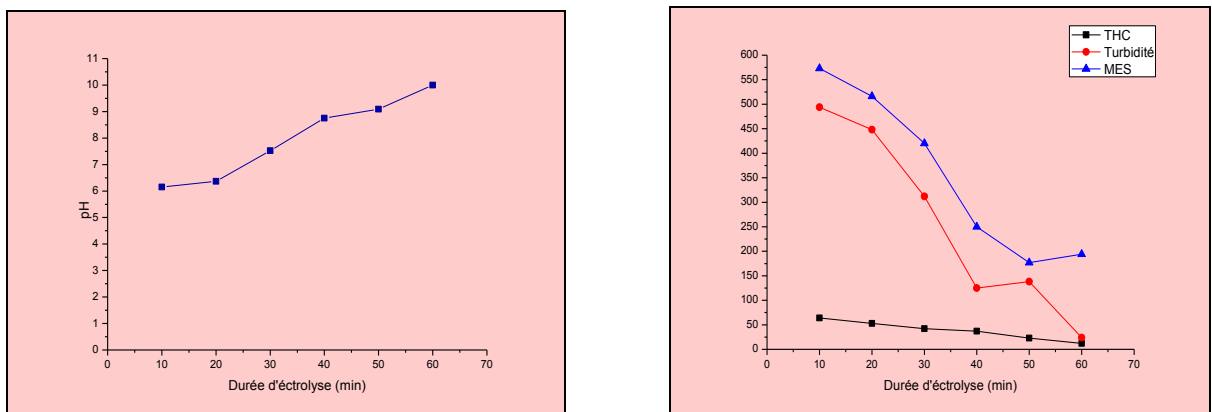
### III-3-Traitement des eaux par électrocoagulation

#### III-3-1-Choix de matériaux des électrodes et du temps d'électrolyse

Pour une intensité du courant de 0.6 A, l'évolution du pH, du taux de matière en suspension, de la turbidité et de la teneur en hydrocarbures en fonction du temps d'électrolyse et du type d'électrode sont illustrées dans les figures ci-après.



**Figure N°04: Evolution du pH, la teneur en hydrocarbures, turbidité et des MES au cours du temps (électrode en Al).**



**Figure N°05: Evolution du pH, teneur en hydrocarbures, turbidité et des MES au cours du temps (électrode en Fe).**

Les résultats représentés sur les deux figures montrent que :

- **Le pH** se stabilise à 7.07 dans le cas de l'emploi d'une électrode en aluminium et augmente jusqu'à 10 lors de l'utilisation d'une électrode en fer.

La stabilisation de pH observée dans le cas des électrodes en aluminium peut être expliquée par la précipitation de l'aluminium sous forme de d'hydroxydes [5].

Par contre, l'augmentation de pH constatée dans le cas des électrodes en fer confirme l'existence de ce métal sous forme ionique.

- ▶ **La teneur en hydrocarbures** diminue jusqu'à 5 mg/l avec une électrode en aluminium alors qu'en présence d'une électrode en fer, elle diminue jusqu'à 12 mg/l.
- ▶ **La turbidité** diminue jusqu'à 10 NTU dans le cas de l'emploi d'une électrode en aluminium alors que l'utilisation d'une électrode en fer réduit ce paramètre jusqu'à 24 NTU.
- ▶ **Les MES** diminuent jusqu'à 25 mg/l dans le cas des électrodes en aluminium tant dit que l'emploi des électrodes en fer les réduisent jusqu'à 194 mg/l.

La diminution des MES, de la turbidité et du taux d'hydrocarbures au cours du temps peut être expliquée par la loi de Faraday qui affirme que la quantité du métal dissoute augmente au cours du temps, ce qui permet d'augmenter la quantité de coagulant formée dans la solution et par conséquent permet d'éliminer les polluants.

Afin de pouvoir choisir le matériau des électrodes, le taux de variation relatif à chaque paramètre étudié après une heure d'électrolyse est présenté dans le tableau suivant :

**Tableau N°07: Rendement de traitement par électrocoagulation.**

Paramètres	Electrode en Al	Electrode en Fe	
<b>Rendement de traitement (%)</b>	<b>Effet sur le pH</b>	7.07	10
	<b>MES</b>	97.29	53.80
	<b>Turbidité</b>	98.10	72,00
	<b>Hydrocarbures</b>	97.61	88.57

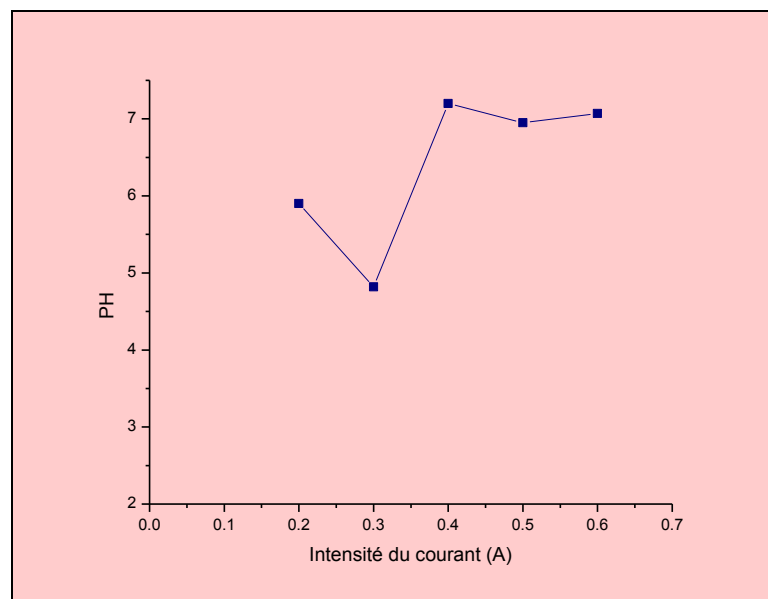
A travers les résultats obtenus, il apparaît clairement que l'utilisation des électrodes en aluminium pendant une heure d'électrolyse est plus efficace que l'utilisation des électrodes en fer. Ainsi, des électrodes en Aluminium et un temps d'électrolyse d'une heure seront retenues pour le reste du travail.

### III-3-2-Choix de l'intensité du courant

L'augmentation de l'intensité du courant aux électrodes provoque l'augmentation de la quantité de coagulant formée et favorise le dégagement des bulles de gaz au niveau de la cathode. Ces bulles de gaz, facilite l'élimination des floccs formés par le phénomène de flottation, ce qui explique la diminution du taux des MES, de la turbidité et de la teneur des hydrocarbures observées ci-après.

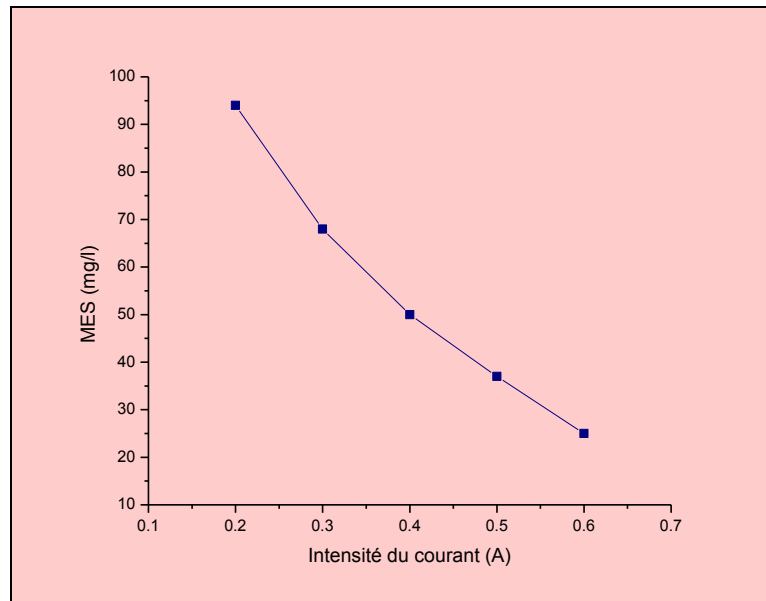
En termes de chiffre, l'influence de l'intensité de courant sur les paramètres étudiés se voit à travers les résultats suivants :

► **Le pH** diminue en premier temps de 5.09 jusqu'à 4.82 et augmente au fur et à mesure avec l'augmentation de l'intensité de courant et se stabilise à 7.07 pour une intensité de 0.6A (Figure N°06)



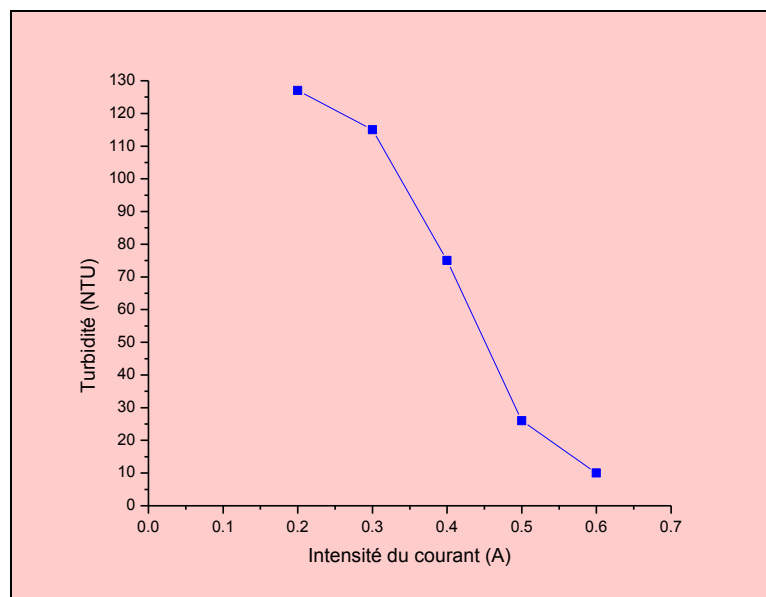
**Figure N°06: Evolution du pH en fonction de l'intensité de courant.**

► **Les MES** diminuent avec l'augmentation de l'intensité jusqu'à 25 mg/l pour une intensité de 0.6A (Figure N°07).



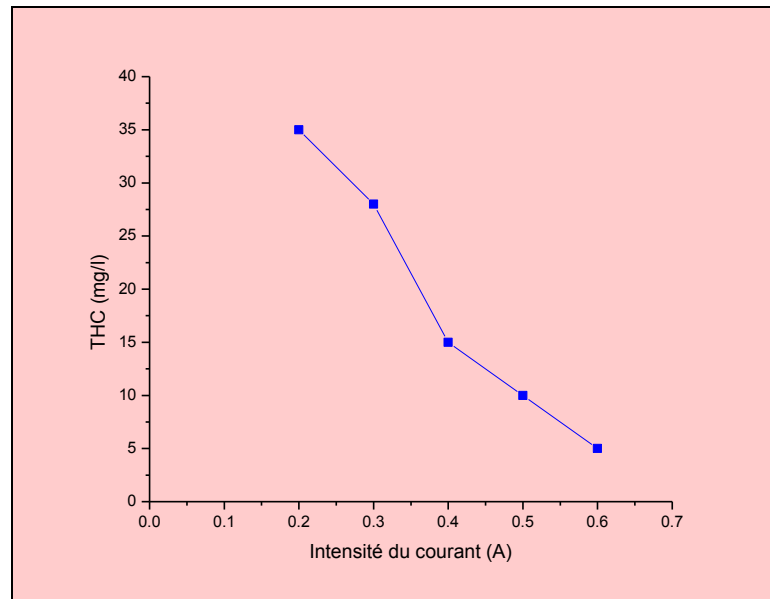
**Figure N°07: Evolution du taux de MES en fonction de l'intensité de courant.**

- **La turbidité** varie en sens inverse avec l'intensité de courant (Figure N°08). Elle atteint 10 NTU à 0,6A.



**Figure N°08: Evolution de la turbidité en fonction de l'intensité de courant.**

- **La teneur en hydrocarbures** diminue au fur et à mesure avec l'augmentation de l'intensité de courant (Figure N°09). En effet, elle atteint 5 mg/l lors de l'application d'une intensité de 0,6A.



**Figure N°09: Evolution de la teneur en hydrocarbures en fonction de l'intensité de courant.**

#### III-4-Choix de la technique de traitement

Le choix d'une technique par rapport à une autre est dicté par les rendements de traitement et les exigences environnementales imposées par le centre de Haoud Berkaoui.

Le tableau N°08 regroupe les meilleurs résultats obtenus pour chaque technique ainsi que les normes que l'entreprise doit respecter.

**Tableau N°08: Norme (H.B.K) et les meilleurs résultats relatifs à chaque technique.**

	Normes	Traitement par électrocoagulation	Traitement Coagulation, floculation et décantation
<b>pH</b>	(6.9-7.5)	7.07	6.01
<b>MES (mg/l)</b>	≤ 30	25	100
<b>Turbidité (NTU)</b>	-	10	123
<b>THC (mg/l)</b>	≤ 5	5	89

Ce tableau montre que les résultats obtenus par électrocoagulation sont nettement meilleur que ceux obtenues par le schéma classique appliqué au niveau de la station de déshuilage. La figure ci-dessous affirme ces résultats.



**Figure N°10: Résultats obtenus après électrocoagulation et coagulation, floculation et décantation.**

En comparaison avec la technique mise en place, le traitement par électrocoagulation fournit une eau incolore et inodore. Cette technique est plus économique. Les polluants sont séparés différemment. Le mode de traitement par électrocoagulation n'est pas modulable selon la nature des polluants alors que pour les colloïdes très fins la coagulation chimique impose des étapes plus lentes et des quantités de coagulant plus importantes.

Toutefois, certains inconvénients peuvent conditionnés l'emploi de cette technique de traitement notamment :

- ☞ La dissolution des électrodes sacrificielles dans l'eau usée par oxydation nécessite leur remplacement régulier ;
- ☞ La perte de l'efficacité de l'unité d'électrocoagulation suite à la formation d'un film d'oxyde sur la cathode ;
- ☞ L'obligation de travailler sur des eaux à conductivité élevée ;
- ☞ L'utilisation de l'électricité ce qui rend un projet de traitement à grand échelle couteux dans certaines régions [7].





# Conclusion

Au terme de ce travail, nous pouvons tirer trois conclusions principales :

- ➡ L'eau à traiter au niveau de la station de déshuilage H.B.K est caractérisée par un pH légèrement acide, une turbidité élevée et un taux important de MES et d'hydrocarbure.
- ➡ L'emploi d'un coagulant composé de 4% de silicate de sodium et 1,2 % d'acide sulfurique à raison de 24ml /l permet de réduire les matières en suspension, la turbidité et la teneur en hydrocarbures mais le procédé employé reste loin de répondre aux normes imposés par l'entreprise.
- ➡ L'utilisation d'une technique d'électrocoagulation avec des électrodes en aluminium, pendant une durée d'électrolyse de 60 minute où une intensité de courant de 0,6 A est imposée assure à la fois les performances techniques et les exigences environnementales imposées par le centre H.B.K.

# Bibliographie

- [1] Z.Chaich: Optimisation de procédés de déshuilage dans la région Houad Berkaoui. Mémoire de Master en Génie Chimique. Université Ouargla,2012,pp2-7.
- [2] H.R.Hernandez : Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable. Thèse de Doctorat en Systèmes Automatiques. Institut national polytechnique de Toulouse, 2006, 151p.
- [3] V.Pallier : Elimination de l'arsenic par coagulation floculation et électrocoagulation d'eaux faiblement minéralisées. Thèse de Doctorat en Chimie et microbiologie de l'eau. Université de Limoges, 2008, 241p.
- [4] M.Bennajah : Traitement des rejets industriels liquide par électrocoagulation-électroflottation en réacteur air lift. Thèse de Doctorat en Génie des procédés et de l'environnement. Institut national polytechnique de Toulouse, 2007, pp10-13.
- [5] I.Zongo : Etude expérimental et théorique du procédé d'électrocoagulation : application au traitement de deux effluents textiles et d'un effluent simulé de tannerie. Thèse de Doctorat en Génie des procédés et des produits. Institut National polytechnique de Lorraine, 2009, 33p.
- [6] C.Guohua: Electrochemical technologies in wastewater treatment. Separation and Purification Technology, 2004, 38, pp 11-41.
- [7] O.Annane : Amélioration de la technique de défluoruration par le nouveau procédé d'électrocoagulation bipolaire. Thèse de Magister en Chimie de l'Environnement .Université de Tizi-Ouzou, 2011, pp33-54.
- [8] Jean Rodier: Analyse de l'eau ,8<sup>ème</sup> édition,1996, pp 1208-1230.

**Résumé:**

Dans le cadre de la concrétisation de la politique de l'entreprise relative à la protection de l'environnement, la direction régionale de Haoud Berkaoui a mis en place une station de déshuilage dans chaque centre producteur pour assurer à la fois la récupération des hydrocarbures et la production d'eau de réinjection.

Ces stations emploient pour le traitement des eaux usées un schéma classique comportant trois techniques à savoir : la coagulation, la floculation et la décantation.

En vue d'améliorer l'efficacité du procédé mis en place, de nouveaux coagulants ont été élaborés et testés afin de quantifier leurs effets sur le schéma de traitement.

Une technique électrochimique basée sur l'électrocoagulation a été développée dans ce travail où l'influence du matériau des électrodes, du temps d'électrolyse et de l'intensité du courant sur le processus de traitement est mise en évidence.

**Mots clés:** centre H.B.K, coagulation, floculation, décantation et électrocoagulation.

**Abstract:**

As part of the realization of the company policy on the protection of the environment, the Regional Directorate Haoud Berkaoui set up a station in oiling each production center to ensure both the oil recovery and water production reinjection.

These stations use for the treatment of wastewater a classic pattern with three technical namely coagulation, flocculation and sedimentation.

In order to improve the efficiency of the process put in place new coagulants have been developed and tested to quantify their effects on the treatment regimen.

An electrochemical-based technique electrocoagulation was developed in this work, where the influence of the electrode material, the electrolysis time and the current intensity of the process is highlighted.

**Keywords:** center H.B.K, coagulation, flocculation, sedimentation and electrocoagulation.