



Licence Sciences et Techniques (LST)

# GENIE CHIMIQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### LES ETAPES DE TRAITEMENT DES EAUX ET CONTROLE DE QUALITE

Présenté par :

◆ Fatimaezzahrae imken

Encadré par :

- ◆ Mme Oumkeltoum Ouali alami (ONEE)
- ◆ Pr. Hanane Touzani (FST)

**Soutenu Le 09 Juin 2016 devant le jury composé de:**

- Pr. Hanane Touzani
- Pr. Alilou El Houssine
- Pr. Boukir Abdellatif

**Stage effectué à l'ONEE Fés.  
Année Universitaire 2015 / 2016**

## REMERCIEMENTS

*Au terme de ce projet de fin d'études, je tiens à remercier Mr Hdoud Abdelaziz, Chef de Secteur Production, qui m'a permis d'effectuer ce stage au sein du laboratoire Régionale de Fès situé à Ain Noukbi.*

*Je remercie Mlle Oumkeltoum Ouali Alami mon encadrante à l'ONEE, pour m'avoir accueillie et veillé au bon déroulement de mon stage. J'adresse mes sincères remerciements à Pr. Alilou El Houssine mon professeur et mon encadrante Hanae Touzani à la FST, pour ses aides précieux, ses soutiens et ses disponibilités, ainsi que pour ses encouragements.*

*Mes remerciements vont également aux Pr Alilou El Houssine et Boukir Abdellatif  
Pour avoir accepté de juger mon travail.*

*Je remercie aussi l'ensemble du personnel du Laboratoire régionale de  
Fès.*

*Ainsi toute personne qui a participé à l'élaboration de ce travail de près ou de loin*




## Sommaire :

Remerciement .....	1
Sommaire .....	2
Introduction .....	3
Présentation générale de l'ONEE-branche eau .....	4
<b>Partie 1 : bibliographie.....</b>	<b>6</b>
1) prétraitement de l'eau d'OUED SEBOU .....	6
• Dégrillage .....	6
• Relevage .....	7
• Dessablage.....	7
• Mélangeur répartiteur .....	7
• Débourage .....	7
2) Traitement de l'eau d'OUED SEBOU.....	8
• Préchloration .....	8
• Coagulation-floculation .....	9
• Répartiteur-mélangeur.....	9
• Décantation .....	10
• Filtration .....	10
• Désinfection.....	10
• Réservoirs de stockage .....	
<b>Partie 2: contrôle de qualité de l'eau.....</b>	<b>11</b>
1) Analyse organoleptique.....	11
• Couleur.....	11
• Odeur.....	11
• Gout.....	11
2) Analyses physico-chimiques .....	11
• Température .....	12
• Turbidité .....	12
• Potentiel d'hydrogène : pH .....	12
• Conductivité .....	13
• Détermination du chlore résiduel .....	14
• Oxydabilité au $\text{KMnO}_4$ .....	14
• Alcalinité de l'eau (TA, TAC).....	17
• Détermination de la dureté totale (T.H).....	17
• Détermination de la dureté calcique .....	17
• Jar test.....	19
3) Analyses bactériologique.....	20
• Micro-organismes recherchés.....	20
• Méthodes d'analyses .....	21
<b>Partie 3 : Résultats et discussions.....</b>	<b>22</b>
Conclusion.....	26

# Introduction

L'eau est indispensable à l'existence, au développement et à la vie de tous les êtres vivants y compris l'homme. Ainsi l'eau est nécessaire à la réalisation des activités humaines qu'elles soient industrielles, domestiques ou pour l'agriculture. L'eau recouvre **72 %** de la surface de la terre mais seulement **0,3 %** des réservoirs globaux en eau sont utilisés comme eau potable.

Il existe trois ressources disponibles d'eaux naturelles:




-  Les eaux souterraines : (puits, nappe phréatique, infiltration).
-  Les eaux de surfaces : (Lacs, étangs, rivières, fleuves).
-  Les eaux de mer et eaux saumâtres.

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et/ou de microorganisme pathogène susceptibles d'être présentes dans l'eau.

Pour avoir une eau potable, l'eau doit subir des étapes de traitement précises, ainsi que des analyses physico-chimique, et microbiologiques.

J'ai effectué un stage dans la station de traitement de l'eau d'Oued Sebou, (traitement des eaux de surface), dans le but est de connaître les différentes étapes de traitement de l'eau potable par des **analyses physico-chimiques** et de déterminer la présence ou non de microorganismes pathogènes par différentes **analyses microbiologiques** afin de s'assurer de la qualité de l'eau potable.

Le rapport de mon stage traite trois parties :

-  Etude bibliographique.
-  Matériel et méthodes.
-  Résultats et discussion.

# Présentation générale de l'ONEE-branche eau

## 1. Définition :

*L'Office National de l'Eau potable et d'électricité* ou ONEE est un établissement public marocain, à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. L'ONEE a été créée par le dahir en 1929 sous le nom de REIP (régie d'exploitation installation et planification) ; finalement l'ONEE a été Créé en 1972, c'est un acteur principal dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement au Maroc, il assure la planification, la production et la distribution des ressources hydriques du pays.

## 2. Historique :

- ✓ 1929 : L'ONEE a été créée par le dahir sous le nom de REIP (régie d'exploitation installation et Planification).
- ✓ 1972 : c'est un acteur principal dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement au Maroc, il assure la planification, la production et la distribution des ressources hydriques du pays.
- ✓ 1978 : l'ONEE a commencé la production d'eaux potables.
- ✓ 1978-1984 : deux adductions captant les eaux de 7 forages sont mis en place.
- ✓ 1989-1991 : traitement des eaux brutes chargées de matières en suspension à la station de prétraitement.
- ✓ 1992-1994 : l'ONEE assure l'alimentation en eau potable de la ville de Fès à partir de 8 forages dans la région de Ras El ma et la Route de Séfrou.

## 3. Les missions principales de l'ONEE :

L'ONEE de Fès assure la production d'eau potable qui est servie par des ressources souterraines (plaine de Sais) ou par des ressources de surface (Oued Sebou) qui est le but de mon projet. L'eau potable produite par l'ONEE est distribuée par la RADEEF.

### *L'ONEE remplit les fonctions suivantes :*

- ✓ Planifier: l'approvisionnement en eau potable du Royaume et la programmation des projets.
- ✓ Etudier: l'approvisionnement en eau potable et assurer l'exécution des travaux des unités de production et de distribution.
- ✓ Gérer: la production d'eau potable et assurer la distribution pour le compte des communes qui le souhaitent.
- ✓ Contrôler: la qualité des eaux produites et distribuées et la pollution des eaux susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation humaine.
- ✓ Assister: en matière de surveillance de la qualité de l'eau.
- ✓ Participer : aux études, en liaison avec les ministères intéressés, des projets de textes législatifs et réglementaires nécessaires à l'accomplissement de la mission.

Pour assurer toutes les missions citées ci-dessus et afin de produire une eau potable, l'ONEE dispose d'une station de prétraitement, d'une autre pour le traitement, et d'un laboratoire régional pour le contrôle de la qualité d'eau finale.

#### **4. Complexe de production d'eau potable : Oued Sebou**

La production d'eau potable peut se faire à partir des eaux de surface. Oued Sebou est considéré comme une source d'eau potable pour la ville de Fès, mais il faut noter que ses eaux sont polluées suite aux mauvaises habitudes de l'être humain (les rejets des micro-industrielles) ; alors elle doit subir un traitement efficace pour produire une eau conforme aux normes fixées.

##### **a. La station de prétraitement : « située à Sebou ».**

Cette station de pompage envoie l'eau brute pour l'acheminer à la station de traitement située à 2,5 Km de la station de prétraitement. Le rôle de la station est d'extraire l'eau brute et diminuer le taux de MES en suspension jusqu'à une valeur inférieure à **2g/l** et de l'acheminer jusqu'à la station de traitement.

##### **b. La station de traitement : « située à Ain Noukbi ».**

Édifiée le 19 mars 1987. Elle a pour missions :

- le traitement des eaux reçues de la station de prétraitement.
- Le contrôle de la qualité des eaux traitées (dans le laboratoire régional).
- Refoulement des eaux vers le réservoir BAB HAMRA.

# Partie 1: Etude bibliographique

## *Processus de production d'eau potable :*

Pour rendre l'eau potable, la station applique des traitements qui peuvent varier suivant la qualité et L'origine de l'eau :

- Si l'eau a un taux de matières en suspension :  $M.E.S > 2g/l$  : l'eau doit subir un prétraitement.
- Si l'eau a un taux de matières en suspension :  $M.E.S < 2g/l$  : l'eau sera directement pompée vers la station de traitement.

### **1. Station de prétraitement :**

La station de prétraitement de FES est située sur la rive gauche de l'Oued Sebou à la sortie de la ville. Elle est mis en disposition, quand les matières en suspension sont comprises entre **2g/l et 50g/l** notamment lors des crues. Elle comporte plusieurs opérations ,chacune d'elles a son efficacité et complète les autres qui la précèdent. Le prétraitement comporte les opérations suivantes :

- ***Le dégrillage.***
- ***La Station de relevage.***
- ***Le dessablage.***
- ***Le Débourage.***

#### ***a) dégrillage***

Cette opération est assurée par une grille métallique à commande automatique qui, par mouvement de va et viens de bas vers le haut, permet :

- De protéger les ouvrages contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des colmatages dans les différentes unités de l'installation.
- De séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements qui suivent.



**Photo 1: le dégrilleur.**

### *b) relevage*

C'est une opération qui consiste à pomper l'eau de l'Oued vers les dessaleurs (6,5m de hauteur) par l'intermédiaire d'un système de trois vis d'Archimède dont le débit normal de chacun est de **750 l/s**.



*figure2 : les Vis d' A Archimède .*

### *c) dessablage*

C'est une opération physique qui consiste à retenir les sables entraînés par l'écoulement de l'eau. Le dessablage a pour but d'éviter le colmatage des canaux au cours de l'acheminement de l'eau ; cette opération conserve les particules de granulométrie **supérieure à 200  $\mu\text{m}$**  .





figure 3 : Le dessableur.

#### *d) débouillage*

C'est une étape qui a pour but d'éliminer certaines matières en suspension. Le débouillage est mis en service lorsque le taux de MES est **supérieur à 2g/l**. Cette étape est précédée par l'addition d'un **poly électrolyte** dans le but est d'agglomérer les petites particules mises en suspension afin de faciliter leur élimination.



Figure 4 : le débouilleur.

## **2. station de traitement:**

Cette étape a pour but d'abaisser la turbidité, élimine la pollution chimique et microbiologique par une série de transformations afin d'obtenir une eau potable destinée à l'alimentation humaine. Les principales étapes du traitement sont :

- *La pré-chloration.*
- *La coagulation-floculation.*
- *La décantation.*
- *La filtration.*
- *La désinfection.*

#### *a) pré-chloration*

La pré-chloration d'eau brute a pour but :

- D'oxyder le fer et le manganèse contenus dans l'eau brute, donc de détruire les matières organiques afin d'améliorer l'odeur et le goût.
- De détruire les micro-organismes, d'inhiber la croissance algale et la formation de biofilm.
- Le produit généralement utilisé est le chlore.

## b) coagulation-floculation

Les colloïdales sont des particules de très faibles diamètre chargées électro négativement , ce qui leur confèrent une vitesse de sédimentation extrêmement faible on procède donc à une coagulation floculation pour les éliminer

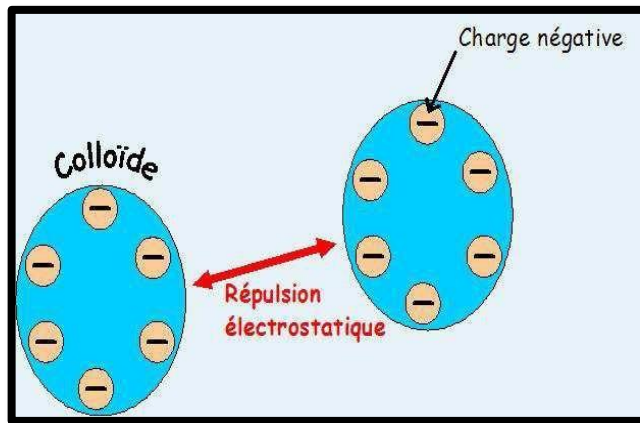


Figure5 : Structure des colloïdales

### Coagulation

Ce traitement consiste à ajouter des produits chimiques ou des coagulants, la charge positive de ces derniers neutralise la charge négative des particules dissoutes dans l'eau. Quand cette réaction se produit les particules se lient et forment des petits floccs qui se séparent lentement de l'eau.

Les coagulants les plus utilisés en traitement des eaux sont :

- Les sulfates d'alumine  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$
- Le chlorure ferrique  $FeCl_3$

### Floculation

La taille des floccs déjà formés aux cours de la coagulation n'est pas suffisante pour la décantation, alors on injecte un flocculant accompagné d'une agitation lente, l'agglomérat obtenu aura une taille satisfaisante pour sédimenter dans le bassin. On utilise comme flocculant :

- Les polymères.
- L'alginate.

## c) décantation

La décantation consiste à la séparation de MES qui sont rassemblés sous forme de floccs après l'étape de coagulation –floculation. Il s'agit d'un procédé de séparation solide/liquide basé sur la différence de densité des particules, à la station de traitement il y a six décanteurs, chacun possède un débit de 900m<sup>3</sup>/h.



***Figure6 : le décanteur.***

#### ***d) filtration à sable***

C'est le type de filtration utilisée à la station ; elle consiste à faire passer l'eau à travers un matériau poreux afin d'éliminer les matières en suspension restantes de l'étape précédentes. A la fin de filtration, la turbidité doit avoir des valeurs inférieures ou égales à 0,5 NTU.



***Figure7 : filtres à sable.***

#### ***e) désinfection***

C'est l'étape finale à la station de traitement, l'objectif recherché à ce stade est la destruction des bactéries pathogènes de l'eau pour éviter les maladies hydriques. Pour les désinfectants, on peut citer à titre d'exemple : l'ozone, dioxyde de chlore, rayonnement UV et le chlore qui est utilisé à la station de traitement. Finalement on obtient une eau potable qui peut être destinée à la consommation humaine. L'eau est stockée dans les réservoirs de la station puis pompée vers le réservoir de BAB ELHAMRA pour qu'elle soit distribuée par la RADEEF.

## Partie 2 :contrôle de qualité

### 1) Analyse organoleptique

#### 1. Couleur

La couleur de l'eau peut provenir de substances minérales comme le fer ou le manganèse et de substances organiques. Les substances organiques comprennent généralement des algues, des protozoaires et des produits naturels provenant de la décomposition de la végétation (substances humiques, lignine). IL ne faut pas confondre couleur et turbidité. La couleur est très préjudiciable pour l'esthétique.

#### 2. odeur

Dans l'eau, diverses molécules sont responsables des odeurs. Elles proviennent essentiellement de la dégradation des composés azotés ou soufrés : amines, ammoniacque, mercaptans, etc. Mais la molécule qui pose le plus de problème est généralement l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S).

#### 3. Gout

L'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue par l'organe gustatif lorsqu'ils sont en contact avec l'eau testée.

### 2) Analyses physico-chimiques

Pour faire une analyse d'eau destinée à la consommation humaine, il est nécessaire de réaliser quelques analyses physicochimiques qui sont essentielles pour la potabilité de l'eau.

Nous avons fait ces analyses au niveau des :

- Eaux brutes destinées à la production d'eau d'alimentation humaine (eau à la sortie de station de prétraitement).
- Eaux traitées pour l'alimentation humaine (eau traitée à la sortie de la station de traitement).

Les méthodes utilisées sont :

#### 1. Température

La mesure de la température doit être faite sur place au moment de prélèvement à l'aide soit d'un thermomètre soit d'une sonde (en °C).

#### **\* Utilité**

Elle est mesurée, car elle peut influencer dans la solubilité des sels et surtout des gaz, elle conditionne les équilibres de dissociations. Elle agit sur la conductivité électrique et le pH, elle influence sur la densité, la viscosité, la pression de vapeur saturante à la surface, la solubilité du gaz, les réactions chimiques et biochimiques, l'effet des enzymes et la teneur en oxygène dissout.

#### 2. Mesure de turbidité

#### **\* Définition :**

La turbidité se définit comme étant l'expression de la propriété optique qui fait que la lumière est dispersée et absorbée plutôt que transmise en ligne droite à travers un échantillon, cette dispersion étant provoquée par l'interaction de la lumière avec les particules en suspension dans l'échantillon.

**\* Principe**

Son principe repose sur la comparaison de l'intensité de la lumière diffractée (effet de Tyndall) par l'échantillon à celle de référence dans les mêmes conditions (longueur d'onde, angle entre le rayon incident et le rayon diffracté)

La mesure de la turbidité est effectuée par un turbidimètre. L'unité d'expression est le NTU (unité de turbidité néphélométrie).



**Figure 8: Turbidimètre.**

**3. potentiel d'hydrogène pH**

C'est un indicateur de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau ; C'est l'un des paramètres opérationnels de la qualité de l'eau. Le pH est lié à la nature géologique des terrains traversés. Les valeurs normales sont comprises entre 6,5 et 8,5. En dessous de 6, l'eau est corrosive et au-dessus de 8,5 il y a risque d'entartrage et de mauvaise efficacité du chlore, Le pH est mesuré par un pH-mètre de paillasse étalonné en entrant l'électrode de l'appareil au béccher remplie d'eau.



**Figure 9 : pH-mètre**

#### 4. Mesure de la conductivité

La plus part des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions, la mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, La mesure est effectuée par un conductimètre portable étalonné, en entrant l'électrode de l'appareil au bécher remplie d'eau, la lecture du résultat affiché doit correspondre à la température 20°C.

L'unité est le micro siemens par centimètre ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).



Figure 10: conductimètre

#### 5. Chlore résiduel

Le test du chlore sert à détecter la quantité du chlore résiduel dans l'échantillon, à l'aide du DPD, la colorimétrie avec DPD sert à mesurer le chlore libre. La diéthyl paraphénylène diamine (DPD) sous forme de comprimé donne en présence du chlore libre une coloration rouge foncée susceptible d'un dosage colorimétrique.

Des disques colorés étalonnés spécifiques pour chaque réactif et un comparateur en lumière du jour sont utilisés pour la déduction des différentes teneurs en chlore.



Figure 11 : comparateur de chlore

## 5. Oxydabilité au permanganate de potassium:

### \*Définition :

L'oxydabilité au permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ), mesurée après 13 minutes en milieu acide, à chaud, doit être inférieure ou égale à 5 mg/l en oxygène.

Son augmentation indique une contamination de l'eau par la matière organique (végétaux en décomposition, bactéries,...).

### \*Mode opératoire :

Dans un ballon on introduit 100 ml de l'eau à analyser, on additionne 2 ml d'acide Sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentré et 10 ml de permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ , N/100), puis on chauffe à reflux au bain marie pendant 13 minutes. On ajoute après 1 ml d'acide oxalique ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ :0,05M), on laisse reposer quelques secondes (décoloration) puis on effectue un dosage en retour par les permanganates de potassium.

### \*Principe :

Consiste à oxyder les matières oxydables contenues dans un échantillon par un excès de Permanganate de potassium en milieu acide et à ébullition.

L'ajout de l'acide oxalique permet la réduction de permanganate de potassium

## 6. Détermination de l'alcalinité de l'eau

L'alcalinité d'une eau est due à la présence des bicarbonates, des carbonates, et des hydroxydes ; elle est déterminée par le calcul de deux titres :

Titre alcalimétrique TA : consiste à la neutralisation de la totalité des ions hydroxydes et la moitié des ions carbonates à  $\text{pH} = 8.3$ .

Titre alcalimétrique complet TAC : le titre alcalimétrique complet correspond à la neutralisation par un acide fort des ions hydroxydes, carbonates et hydrogencarbonates en présence d'un indicateur coloré, c'est-à-dire neutralisation de toutes les espèces basiques présentes.

### \*Mode Opératoire :

**TA** : on introduit 100 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer puis on y ajoute deux gouttes de phénophtaléine.

Si la coloration est rose (TA = 0) et le ( $\text{pH} > 8,3$ ), on dose alors avec l'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$  : N/10) jusqu'à décoloration.

Si pas de coloration rose (TA=0), on passe alors au titre alcalimétrique complet.

**TAC :** on ajoute au contenu de l'erenmeyer servie auparavant à la détermination de TA ,3 goûtes d'hélianthine (coloration jaune) puis on dose avec (HCl :N/10) jusqu'au virage jaune.

## 7. Détermination de la dureté totale (Titre hydrotimétrique T.H)

Le titre hydrotimétrique correspond à la teneur d'une eau en ions calcium et magnésium. Il est mesuré par complexométrie, un fort complexant l'EDTA, forme des complexes avec les cations métalliques.

Dans la pratique, tous les métaux divalents, par exemple les ions ferreux, sont susceptibles d'être dosés — ce sont donc des interférents — mais on considère que leur concentration est négligeable par rapport à celles du calcium et du magnésium.

### \*Mode opératoire :

À 100 ml d'eau à analyser, on ajoute 5ml de solution tampon ( $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ ), une petite spatule d'indicateur de noir ériochrome et on titre avec la solution complexométrique (EDTA) jusqu'au virage du rouge au bleu royal.

### \*Expression des résultats:

$$\text{TH (mg/l)} = \text{Tb} \times 0.4$$

## 8. Détermination de la dureté calcique:

Concentration en ions calcium.

Afin de le déterminer on va faire précipiter sélectivement les ions  $\text{Mg}^{2+}$  puis procéder au titrage des ions calcium restés sous forme soluble.  
Pour cela on effectue un titrage par l'EDTA à  $\text{pH} > 12$  (solution tampon=la soude) en utilisant le Calcon comme indicateur.

### \*Mode opératoire:

À 100 ml d'eau on ajoute 5 ml de la solution tampon NaOH, une petite spatule d'indicateur coloré (Calcon), puis on titre au moyen de la solution EDTA jusqu'au virage du rose au bleu.





100 ml de l'échantillon à analyser  
+5 ml d'une solution tampon (NaOH).

+une pincé d'indicateur coloré (Calcon)



Dosage par la solution d'EDTA à 0,02 mol/l jusqu'à l'obtention de la coloration bleue.

### Photo12 : Dureté calcique

#### **\*Expression des résultats:**

$$[\text{Ca}^{2+}] = V \cdot 8 \text{ en (mg/l)}$$

Avec V : est la tombée de burette de la solution complexométrique (EDTA) en(mg/l).

## 9. Jar-test :

### 1. Principe

La détermination du taux de coagulant est effectuée à l'aide d'un essai expérimental : « Jar-test » qui consiste à mettre des doses croissantes de coagulant dans des récipients contenant la même eau brute. Après quelques instants, on procède sur l'eau décantée à toutes les mesures utiles à la qualité de l'eau. La dose optimale est donc déterminée en fonction de la qualité des différentes eaux comparées.

### 2. Mode opératoire :

#### Matériels :

- Un flocculateur avec 6 agitateurs à hélices entraînés par un moteur électrique à vitesse variable.
- 6 béchers de 1L

#### Réactifs

Solution de sulfate d'alumine (coagulant) :  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18 \text{H}_2\text{O}$

Solution d'alginate de sodium ou poly-électrolyte de 1g/l (floculant)

dans chacun des 6 béchers, on verse un litre d'échantillon d'eau brute à analyser puis on les place dans le flocculateur.

On met en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tr/min.

On ajoute le chlore avec une dose correspondant au break point .

On injecte le coagulant (sulfate d'alumine) en quantités croissantes.

Après deux minutes :

- On ajoute aux différents béchers une dose constante de floculant (polyélectrolyte) correspondant à 0,1 mg/l.
- On diminue la vitesse d'agitation à 40 tours/min pendant 40 minutes.

→ Au début de cette agitation on note l'apparition des floccs, leurs aspects

- On relève ensuite les hélices et on laisse l'eau décanter pendant 30 minutes.

→ On note l'estimation de la vitesse de décantation dès la fin de l'agitation lente.

- Ensuite, on détermine le pH, la turbidité, l'oxydabilité et le chlore résiduel du surnageant pour chaque bécher.
- Puis, on filtre le surnageant sur filtre bande blanche (comparable au filtre à sable) et on détermine la turbidité et l'alcalinité.
- On évalue après traitement l'agressivité de l'eau décantée présentant les meilleurs résultats.



Figure13 :Essai de coagulation floculation « jar test »

### 3. Caractéristique du choix de la dose optimale :

Les doses optimales sont celles utilisées dans le bécher présentant la meilleure floculation et réduction de turbidité :

- Turbidité eau décanté < 5 NTU
- Turbidité eau filtré < 0,5 NTU
- Oxydabilité < 2 mg/l
- Taille des floes supérieure ou égale à 06 (dimension moyenne ou meilleure)
- $7 < \text{pH} < 7.4$

### 4. Demande en chlore par la méthode du « break point » :

#### Principe :

La méthode du break point a pour but la détermination de la quantité de chlore qu'il faut injecter à l'eau brute lors de la pré-chloration.

#### Remarque :

L'eau du robinet contient une légère dose en chlore pour transiter sans risque dans les canalisations. Le consommateur est plus au moins sensible à l'odeur et au goût du chlore. Le seuil de sensibilité est de 0,2 mg/l.

### Mode opératoire :

D'abord on détermine le titre d'eau de javel pour déterminer la demande en chlore :

Dans un Erlenmeyer on introduit successivement :

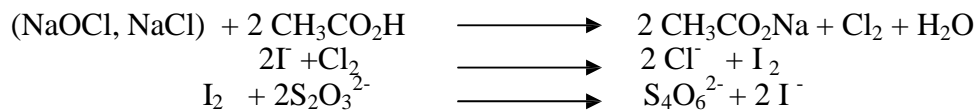
1 ml d'eau de javel (NaOCl, Na Cl)

10 ml de solution d'iodure de potassium à 10%

10 ml d'acide acétique CH<sub>3</sub>COOH à 9N.

On titre l'iode libéré par le thiosulfate de sodium Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1/10 N), en ajoutant quelques gouttes d'empois d'amidon juste avant la fin du titrage.

Les réactions mises en jeu sont :



Expression des résultats: **[EJ] = Tb x 3, 55 g/l**

Soient : N<sub>a</sub> : Normalité de Cl<sub>2</sub>.  
V<sub>a</sub> : Volume de l'échantillon (V<sub>a</sub>=1ml)  
N<sub>b</sub> : Normalité de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
V<sub>b</sub> : Tombée de burette Tb

Au point d'équivalence : N<sub>a</sub>V<sub>a</sub> = N<sub>b</sub>V<sub>b</sub>  
N<sub>a</sub> = N<sub>b</sub>V<sub>b</sub>/V<sub>a</sub>

On a:  $[\text{Cl}_2] = \frac{10^{-1} \text{ Tb}}{2}$

Donc :  $[\text{Cl}_2]' = [\text{Cl}_2] \quad M_{\text{Cl}_2} \quad (\text{avec } M_{\text{Cl}} = 35.5 \text{ g/mol})$

$$[\text{Cl}_2]' = 5.10^{-2} \quad \text{Tb} \quad 71$$

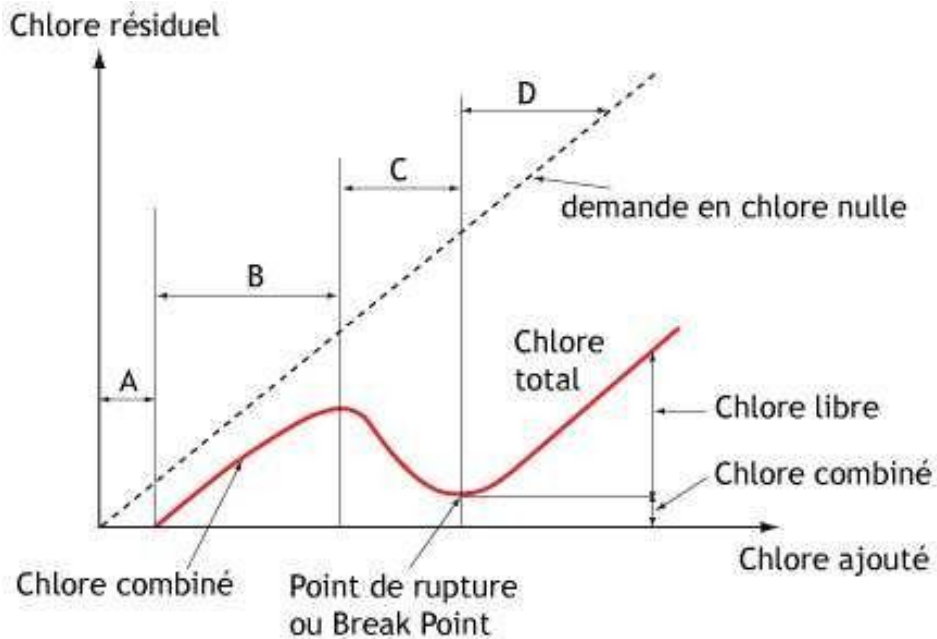
Donc la teneur en chlore s'exprime par la formule suivante :

$$\mathbf{[EJ] = 3.55 \cdot Tb \text{ (g/l)}}$$

Ensuite, on prépare 2 concentrations différentes de l'eau de javel (1g/l et 0,1g/l).

- On prépare une série de flacons dont lesquels on introduit 100 ml d'eau brute et des concentrations croissantes bien déterminées de l'eau de javel (0,1g/l)
- On laisse ses flacons à l'obscurité pendant 30 min
- On fait ensuite la lecture de chlore résiduel en utilisant la DPD (Diehl-p-Phénylène-Diamine) qui réagit avec le chlore libre tout en produisant une couleur rosâtre. L'intensité de cette couleur est proportionnelle à la concentration en chlore libre recherchée, cette intensité est mesurée par comparaison à une échelle de couleur étalons, à l'aide d'un comparateur Palintest et du Disque approprié.

- On trace la courbe du chlore résiduel en fonction du chlore injecté.



**Figure 14. Chloration au break point**

avec :

A :destruction du chlore par les composés minéraux(fer, manganèse... ) ;

B :formation de composés chlorés organique et de la chloramines, réduction Des monochloramines et des chloramines, formation des trichloramines ;

C :destruction des chloramines par ajout de chlore supplémentaire, point de rupture(break point) :les mono, di et des trichloramines ont pratiquement disparus ;

D :production de chlore actif. tout le chlore ajouté sera sous forme d'acide hypochloreux (HClO), mais il reste du chlore combiné (trichloramines et autres sous-produits de désinfectant).les trichloramines ont un très léger effet désinfectant, mais il donne un goût de chlore à l'eau.

## 4) les analyses bactériologiques.

### 1. Bactéries recherchés

Les micro-organismes recherchés dans une eau destinée à la consommation humaine sont :

#### a)Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des indicateurs d'une contamination fécale.

#### **b) Coliformes fécaux**

Ils ont la même définition que les coliformes totaux, ces coliformes sont capables de se développer à 44°C (La principale bactérie coliforme spécifiquement d'origine fécale est *Escherichia coli*).

#### **c) Streptocoques fécaux**

Ce sont des bactéries de forme sphérique ou coccoïde, Gram<sup>+</sup>, disposées en pair ou en chaînette, dépourvues de catalase, capables de croître à 37 °C en 48h ; elles font partie de la flore intestinale normale humaine ou d'autres animaux à sang chaud. Ces bactéries constituent un indice de contamination fécale ancienne.

#### **e) Microorganismes revivifiables.**

### **2) Aspect législatif**

**Tableau1: norme marocaine relative à la consommation.**

<b>Germes recherchés</b>	<b>Norme Marocaine fixée</b>
<b>Coliformes</b>	0 UFC/100 ml
<b>Entérocoques intestinaux</b>	0 UFC/100 ml
<b>Clostridium sulfite-réducteur</b>	0 UFC/100 ml
<b>Micro-organismes revivifiables</b>	20 UFC/1 ml à 37°C 100 UFC/1 ml à 22°C

### **1) Analyse bactériologique de l'eau brute**

L'eau brute est analysée en utilisant la méthode du nombre le plus probable (NPP).

#### **Principe de la méthode (NPP) :**

Cette méthode est applicable aux échantillons ayant une teneur plus ou moins élevée en MES, elle consiste à ensemercer trois milieux de culture par dilution, les tubes ensemencés

contiennent un milieu nutritif, milieu Rothe, pour les streptocoques fécaux ou Lauryl pour les coliformes avec introduction de cloche de Durham dans ce dernier, après incubation on note la croissance et la production de gaz dans chaque tube, enfin on compte le nombre des tubes positifs pour chaque dilution et on fait la lecture du NPP correspondant en utilisant la table de MC CRADY.

#### Milieus de culture utilisés

- **Bouillon de Rothe**
- **Bouillon de Litsky**
- **Bouillon vert brillant** : Test confirmatif pour les coliformes totaux.
- **Bouillon EC medium** : Test confirmatif pour les coliformes fécaux.

## 2) Analyse bactériologique de l'eau traitée

L'analyse bactériologique de l'eau traitée est effectuée par la technique de la membrane filtrante et celle de l'incorporation en gélose. Cette analyse est effectuée de façon quotidienne afin de s'assurer du fonctionnement correcte de la station de traitement.

#### Principe de la membrane filtrante

C'est la plus utilisée au laboratoire, elle est applicable à toutes les eaux et en particulier à celles contenant une faible quantité de matières en suspension et un nombre relativement faible de germes (eaux traitées).

Généralement, on procède à une filtration par un appareil de filtration sur membrane. La membrane est en esters de cellulose, de porosité 0,45/ 0,2  $\mu\text{m}$ , susceptible de retenir les bactéries (Rodier et al.,1997). Un échantillon de 100 ml d'eau est filtré sur cette membrane, et cette dernière est déposée à la surface d'un milieu gélosé. Après incubation, on compte le nombre de colonies

#### Milieus de culture utilisés

- **Tergitol 7 TTC**

Ce milieu permet d'effectuer la recherche et le dénombrement des *Escherichia coli* et des coliformes dans les eaux,

- **Milieu Slanetz (BIOKAR).**

C'est un milieu sélectif utilisé pour le dénombrement des entérocoques intestinaux (*streptocoque fécaux*) dans les eaux d'alimentation, par la technique de la membrane filtrante

- **Milieu TSC (BIOKAR).**

La gélose Tryptone-Sulfite-Cyclosérine (TSC) utilisée pour l'isolement sélectif et le dénombrement de *Clostridium*s dans les eaux destinées à l'alimentation humaine.

## **Principe de l'incorporation en gélose**

Les milieux gélosés sont liquéfiés au bain-marie bouillant. 1 ml de l'échantillon d'eau est introduit au centre de la boîte de Pétri posée bien à plat dans la zone de protection du bec Bunsen. L'inoculum peut être réparti en gouttes sur le fond de la boîte. La méthode est fréquemment utilisée pour la recherche des bactéries aérobies revivifiables, elle consiste à mélanger dans une boîte de Pétri 1 ml d'échantillon (ou ses dilutions) et un volume de milieu gélosé, fondu et ramené à une température appropriée.

### **1. Milieux de culture utilisés**

- **La gélose PCA**



## Partie 3 : résultats et discussions

### ➤ Résultats des analyses physico-chimiques :

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées pour les différents paramètres, sont présentés dans le tableau 1 :

*Tableau 2: Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau traitée à la station et de l'eau brute*

	<i>L'eau traitée</i>	<i>L'eau brute</i>	<i>La norme marocaine</i>
Turbidité (NTU)	0,2	33.2	<1
PH	7,57	8.17	6,5 < pH < 8,5
Température (°C)	21,3	22,2	-----
Conductivité (µS/cm)	1032	1040	2700
Oxydabilité (ml)	0,9	1,8	Entre 5 et 8
Nitrites (mg/l)	0	0.1	<1
Fer (mg/l)	0	0.1	0,3
Manganèse (mg/l)	0	0.03	0,1
Aluminium (mg/l)	0	0	10,2
TAC (méq/ ml)	5,5	4.4	-----
TH (méq/ ml)	6,6	6,8	-----
Ions Ca <sup>++</sup>	6	4,56	-----
Chlore résiduel (ppm)	0,8	0	0,5 < Cl <sub>2</sub> < 1

➤ D'après les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques et substances minérales effectuées sur les eaux avant et après traitement, on remarque que tous ces paramètres répondent aux exigences de la norme marocaine de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

➤ **Résultat des analyses bactériologiques de l'E.B et de l'E.T**

### Tableaux : Résultat des analyses bactériologiques des échantillons d'E.B et d'ET

	Date	E.B	E.T	VMA
C.T (UFC/100 ml)	02/05/2016	1100	0	0
C.F (UFC/100 ml)	02/05/2016	210	0	0
S.F (UFC/100 ml)	02/05/2016	210	0	0
ASR (UFC/100 ml)	02/05/2016	-----	0	0
M.R (UFC/1 ml)	02/05/2016	-----	0	100 à 22°C 20 à 37°C

Le nombre le plus probable pour les germes recherchés pour les 3 volumesensemencés 10ml, 1ml, 10<sup>-1</sup> ml est respectivement 1100 UFC/100 ml, 210 UFC/100 ml et 210 UFC/100 ml, ce résultat montre que l'eau brute est assez polluée de point de vu bactériologique, à cause des microorganismes qui témoignent une contamination fécale. Cependant, un traitement vigoureux s'impose et qui vise à détruire toute sorte de microorganisme dans le but de rendre cette eau buvable.

## *Conclusion*

L'eau d'oued Sebou doit subir un traitement pour la rendre potable par l'office national de l'eau potable (ONEE), ce type de traitement consiste à faire passer l'eau via une chaîne de traitement au niveau de la station « Ain Nokbi », dans laquelle plusieurs étapes sont mises en œuvre pour éliminer d'abord la matière en suspension à l'aide d'un procédé physico-chimique, puis éliminer les microorganismes par le procédé désinfection.

Dans ce travail l'étude a porté sur les analyses physicochimiques et bactériologiques, ces analyses se font sur l'eau brute avant et après le traitement pour s'assurer.

Les teneurs observées pour les différents paramètres physico-chimiques étudiés ne dépassent pas la norme marocaine.

D'après les résultats d'analyses bactériologiques, on peut remarquer qu'il y a une diminution du nombre de bactéries indicatrices de pollution fécale de 1100. Cela signifie que le traitement a été efficace et surtout l'étape de pré chloration et de désinfection en utilisant de chlore, qui ont pour but principal **l'élimination des germes pathogènes et certains éléments indésirables** de l'eau destinée à l'alimentation humaine.

Les résultats obtenus des différents paramètres étudié pendant la durée de mon stage sont conformes aux normes marocaines.

# Bibliographie

- WWW.Procédure de conduite des essais de floculation de l'ONEE/BE.
- Norme marocaine de la qualité des eaux d'alimentation humaine
- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- RABIE REDA, Etude de coagulation-floculation par Jar-test, (2013 / 2014), mémoire de fin d'études, Licence TACCQ, Faculté des Sciences et Techniques Fès
- MEKKAOUI MOUNA, Analyses Chimiques et Etude de l'Action du Sulfate d'Alumine sur l'Eau Brute, (2011 / 2012), mémoire de fin d'études, Licence TACCQ, Faculté des Sciences et Techniques Fès