



Licence Sciences et Techniques (LST)

Technique d'Analyse et Contrôle de Qualité  
« TACQ »

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

**Etude expérimentale du phénomène coagulation –  
floculation (Jar – Test)**

**Présenté par :**

◆ **Imane ADNANE**

**Encadré par :**

- ◆ **Mr Mohammed FELLAH (ONEE/BE)**
- ◆ **Pr Ahmed BOULAHNA (FST)**

**Soutenu Le 05 Juin 2017 devant le jury composé de:**

- **Pr Ahmed BOULAHNA**
- **Pr Mohammed EL ASRI**
- **Pr Abdeslam MELIANI**

**Stage effectué à L'ONEE/BE**

**Année Universitaire 2017 / 2018**

## *DEDICACES*

---

C'est avec profonde gratitude et sincères mots,  
Que je dédie cet humble travail de fin d'études,  
A mes chers parents sources de tendresse,  
Pour leur immense soutien, leur grand amour, leurs  
sacrifices, leurs conseils judicieux et leurs  
prières, J'espère qu'un jour,  
Je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi,  
Que dieu leur prête bonheur et longue vie.  
A mes chers frères,  
Aucun mot ne pourra décrire vos dévouements et vos  
sacrifices.  
Et à tous les membres de Ma famille.  
A tous mes chers amis.  
A tous mes enseignants.  
A tous ceux que j'aime.  
A tous ceux qui m'aiment  
Et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

**IMANE,**

# REMERCIEMENTS

---

En préambule à ce travail, je souhaiterais adresser mes sincères remerciements à ceux qui ont permis la réalisation de mon stage dans cette ville.

Je n'ai que si peu de mots pour exprimer ma gratitude,

Merci, merci, merci, mille fois merci.

A vous Papa, Maman, frangin et frangine, tante Khadija et Hadda qui, pour plus que de raison, avez investi vos efforts afin que je parvienne à ce but.

Merci **Mr. MOHAMMED FELLAH** (encadrant à l'ONEE), pour la confiance, l'encadrement scientifique et le soutien matériel que tu m'as généreusement accordé. Par toi, je voudrai aussi remercier l'ensemble du personnel du laboratoire régional de Fès, y compris **Mr. MOHAMMED DAOUD**, qui s'est montré particulièrement sympathique et solidaire avec moi.

Un grand merci à **Mr. BOULAHNA AHMED**, qui a pris le temps de lire et corriger ce travail. Son regard critique et constructif m'a été un grand aide.

Mes remerciements à tous ceux et celles qui ont partagé cette période avec moi, Meriem, Ghizlane, Kaoutar et Kenza.

# ***SOMMAIRE***

---

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE .....1

## **CHAPITRE I : Présentation de l'ONEE/ BRANCHE EAU**

### I. Présentation de l'ONEE/ Branche-eau

1. Aperçu historique .....	2
2. Fiche signalétique .....	2
3. Activités principales .....	3

### II. Situation actuelle du service d'eau

1. Attributions.....	4
2. Productions .....	4

### III. Ressources superficielles :

• La production superficielle d'eau .....	4
---	---

## **CHAPITRE II : Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau**

Préambule :

I. Station de prétraitement :	
a. Le dégrossissage (dégrillage) .....	5
b. Le relevage d'eau brute .....	6
c. Le dégravillonnage (désablage) .....	7
d. Le répartiteur (mélangeur).....	7
e. Le débouillage.....	7
f. La bache de protection 1600m <sup>3</sup> .....	8

II.	Station de traitement (Ain Nokbi) :	
	A. La préoxydation.....	<b>8</b>
	B. La décantation physico-chimique .....	<b>9</b>
	C. La filtration.....	<b>10</b>
	D. La désinfection (post-oxydation) .....	<b>11</b>

CHAPITRE III : les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques testés sur l'eau :

Préambule

I.	Les paramètres organoleptiques :	
	1) Couleur.....	<b>13</b>
	2) Odeur .....	<b>13</b>
	3) Gout, saveur.....	<b>13</b>
	4) Turbidité.....	<b>13</b>
II.	Les paramètres physico-chimiques :	
	1) pH (potentiel d'hydrogène).....	<b>14</b>
	2) Conductivité électrique .....	<b>14</b>
	3) Dureté de l'eau.....	<b>15</b>
	4) Titre alcalimétrique.....	<b>16</b>
III.	Les paramètres concernant les substances indésirables :	
	• L'indice permanganate.....	<b>17</b>
IV.	L'examen bactériologique de l'eau :	
	1) Les germes recherchés	
	a. Les coliformes fécaux .....	<b>18</b>
	b. Les streptocoques fécaux.....	<b>18</b>
	c. Les clostridium sulfite-réducteurs.....	<b>19</b>
	d. Les microorganismes revivifiables .....	<b>19</b>
	2) Les milieux de culture utilisés .....	<b>20</b>

CHAPITRE IV : Procédé de traitement physico-chimique d'épuration d'eau (Jart-Test) :

I. Rappel théorique :

1) Coagulation .....	21
2) Flocculation .....	21
II. Procédé de traitement :	
1 – Degré chlorométrique :	
a) Principe .....	22
b) Mode opératoire .....	22
c) Réactions mises en jeu .....	22
d) Expression des résultats .....	22
2 – Demande en chlore :	
• Procédure expérimentale.....	23
3 - Jar-Test :	
a) Matériel .....	25
b) Réactifs .....	25
c) Mode opératoire .....	26
d) Critères de choix de la dose de traitement.....	26
i. Les analyses d'eau brute (Oued Sebou) .....	26
ii. Essai 1.....	27
iii. Essai 2.....	28
INTERPRETATION DES RESULTATS.....	28 ;29
CONCLUSION Générale.....	30
BIBLIOGRAPHIE	

## *Liste des figures*

---

<b>Figure 1</b> : Schéma illustratif des diverses missions abordées par l'ONEE .....	<b>3</b>
<b>Figure 2</b> : Photo du dégrilleur prise dans la station de prétraitement .....	<b>6</b>
<b>Figure 3</b> : Les vis d'Archimède .....	<b>6</b>
<b>Figure 4</b> : Photo du déssableur .....	<b>7</b>
<b>Figure 5</b> : Photo du débourbeur .....	<b>8</b>
<b>Figure 6</b> : Photo des filtres à sable prise dans la station de traitement .....	<b>11</b>
<b>Figure 7</b> : Photos des milieux de culture.....	<b>20</b>
<b>Figure 8</b> : Variation de la demande en chlore en fonction de la quantité de chlore injecté ...	<b>24</b>
<b>Figure 9</b> : Variation de la demande en chlore en fonction de la quantité de chlore injecté ...	<b>24</b>
<b>Figure 10</b> : Banc de Jar-test .....	<b>25</b>

## *Liste des tableaux*

---

<b>Tableau 1</b> : Résultats expérimentaux de l'échantillon 1 .....	<b>23</b>
<b>Tableau 2</b> : Résultats expérimentaux de l'échantillon 2 .....	<b>23</b>
<b>Tableau 3</b> : La dose du chlore injectée .....	<b>24</b>
<b>Tableau 4</b> : Les 8 facteurs influençant la coagulation – floculation .....	<b>25</b>

## ***INTRODUCTION GENERALE***

---

Une eau potable doit satisfaire un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine. Les standards de ce point de vue sont extrêmement différents selon les usages et la situation.

Ainsi, deux définitions peuvent être données à la notion de potabilité des eaux :

- ✚ Une eau est considérée comme potable si elle est agréable à boire et si son emploi n'entraîne aucun risque pour la santé. Elle doit être limpide, incolore et inodore. Elle doit présenter une saveur fraîche et agréable, ce qui exige qu'elle contienne de l'air dissous et qu'elle est légèrement minéralisée.
- ✚ Une eau est dite potable lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment. L'eau ne doit contenir aucun agent chimique indésirable, aucun élément toxique susceptible de provoquer chez l'homme des troubles à plus ou moins long terme.

De ces définitions, on constate que la potabilité d'une eau tient à la fois des critères organoleptiques, physicochimiques, toxicologiques et microbiologiques. Ils sont fixés au niveau international par les recommandations au niveau de l'OMS (1994) mais chaque état peut définir sa propre réglementation.

Au cours de mon stage que j'ai effectuée au sein du laboratoire régional de l'ONEE/ Branche-eau à Fès , je me suis concentrée plus particulièrement au procédé de traitement physico-chimique d'épuration d'eau provenant d'Oued Sebou qu'est la coagulation – floculation.

Pour ce faire, ce présent travail est principalement subdivisé en quatre chapitres :

- **Le chapitre I** donne une présentation de l'organisme d'accueil qu'est l'ONEE/Branche eau.
- **Le chapitre II** décrit les divers procédés de traitement des eaux provenant d'Oued Sebou.
- **Le chapitre III** présente les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques testés sur l'eau.
- **Le chapitre VI** a été consacré à la démarche expérimentale abordée lors de l'essai Jar-test tout en interprétant les résultats expérimentaux enregistrés.



# CHAPITRE I:

## PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL (ONEE/BE)

### I- Présentation de l'ONEE/ branche eau:

#### 1- Aperçu historique:

\* Créé par le dahir n° 172-103 du 18 Safar 1392, 03 Avril 1972, l'office national de l'eau potable (renommée ONEE/ branche eau suite à la fusion de l'ONEP et l'ONE créé en 1963) constitue un établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière placé sous la tutelle du ministère d'énergie, des mines, d'eau et de l'environnement.

\*Acteur principal dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement , les missions principales de l'Office vont de la **planification** de **l'approvisionnement** en eau potable jusqu'à sa **distribution** passant par les phases **d'études**, de **conception**, de **réalisation**, de **gestion**, **d'exploitation** des **unités de production**, de **distribution** et **d'assainissement liquide** et enfin du **contrôle de la qualité des eaux** jusqu'à **la protection de la ressource**.

#### 2 - Fiche signalétique:

Raison sociale	L'office Nationale d'eau potable
Forme juridique	Etablissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle du ministère d'énergie, des mines, d'eau et d'environnement.
Nationalité	MAROCAINE
Date de création	03 AVRIL 1972

<b>Activités</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Planification de l'approvisionnement en eau potable (AEP) à l'échelle nationale.</li> <li>*Production de l'eau potable.</li> <li>*Distribution de l'eau potable pour le compte des collectivités locales.</li> <li>*Gestion de l'assainissement liquide pour le compte des C.L.</li> <li>*Contrôle de la qualité des eaux.</li> </ul>
<b>Capital</b>	3 908 124 257,02 milliers de Dirhams.
<b>Directeur général</b>	Mr. ALI FASSI FIHRI
<b>Responsable de la direction du Centre Nord</b>	Mr. MOHAMMED BERKIA

### 3 - Activités principales de l'ONEP :

L'office national de l'eau potable est chargé des missions suivantes :

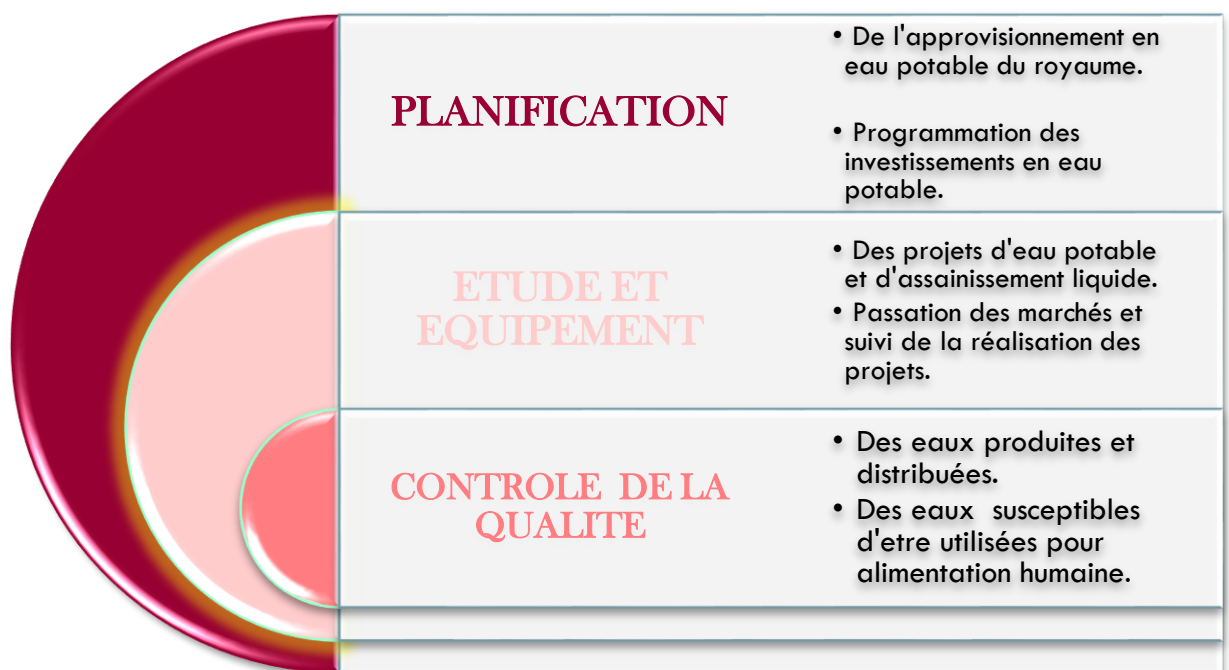


Figure 1. Schéma illustratif des diverses missions abordées par l'ONEP

## II - SITUATION ACTUELLE DU SERVICE DE L'EAU :




### 1 - Attributions :

\*La production de l'eau au niveau de la ville de Fès est assurée par l'ONEP, tandis que la distribution est assurée par la RADEEF.

### 2 - Productions :

La capacité de production actuelle de la ville de Fès est de 3750 l/s.

La répartition de ces ressources est comme suit :

- ONEP       Station de traitement : 1700 l/s
-  Forages : 1470 l/s
- RADEEF    Forages et sources : 580 l/s

## III - RESSOURCES SUPERFICIELLES :

### ● La production superficielle de l'eau :

- ✚ La production superficielle est assurée par la station de traitement des eaux de l'OUED SEBOU.
- ✚ L'eau brute desservant cette station provient d'une prise directe sur l'OUED SEBOU régularisée à l'amont par le barrage **ALLAL EL FASSI** (Capacité de 80 millions m<sup>3</sup>) situé à environ 40 Km de la station.
  - Cette station, mise en service en 1987, a été renforcée par :
    - Une station de prétraitement réalisée en 1989 capable de traiter des eaux chargées en matières en suspension (MES) allant jusqu'à 50g/l.
    - Un réservoir de stockage de 30.000 m<sup>3</sup> réalisée en 1992 portant la capacité totale à la station de traitement à 45.000 m<sup>3</sup>.
    - Extension de la station de traitement en 1994 pour un débit supplémentaire de 900 l/s.

## CHAPITRE II :

# SUPERVISION ET DIAGNOSTIC DES PROCÉDÉS DE PRODUCTION D'EAU POTABLE :

### Préambule :

- La filière de traitement d'une station de potabilisation de l'eau dépend d'une part de l'eau brute elle-même (provenance, substances contenues, qualité intrinsèque...) et d'autre part, du cadre législatif et réglementaire régissant l'eau d'alimentation. De leur côté, les procédés doivent répondre chacun à des conditions particulières qui assureront leur bon fonctionnement. Tous ces éléments doivent être pris en compte dans le choix des procédés d'une chaîne de traitements. Cette approche globale s'applique aussi bien à la conception des nouvelles stations qu'à l'agrandissement ou à la modernisation des anciennes.
  - Donc dans cette partie nous présentons les différentes composantes d'un traitement en station d'épuration en insistant plus particulièrement sur les procédés mis en place sur la station AIN NOKBI.

### I. Station de prétraitement :

- Elle est située près de l'Oued Sebou à 2,5 km de la station de traitement et elle est mise en service quand le taux de matières en suspension « M.E.S » est compris entre 2 g/l et 50 g/l. Elle est constituée de :
  - ✚ Une prise d'eau équipée de 3 grilles et un dégrilleur.
  - ✚ Une station de relevage équipée de 3 vis d'Archimède.
  - ✚ 2 déssableurs, un répartiteur mélangeur et 3 débourbeurs.
  - ✚ Une bâche de protection de 1600 m<sup>3</sup>.

#### a) Le dégrossissage (dégrillage) :

- A l'arrivée, les eaux usées sont soumises à cette opération qui consiste à retenir les gros débris solides (algues, herbes mortes, branches et tronc d'arbre...) par une grille métallique ou un tamis tournant automatique. Les solides sont ensuite envoyés en décharge ou à une unité d'incinération.



Figure 2. Photo du dégrilleur prise dans la station de prétraitement

b) Le relevage d'eau brute :

- l'eau est relevée à l'aide d'un système comprenant 3 vis d'Archimède (le débit est de 750 l/s chacune) qui relèvent l'eau de la cote minimale du plan d'eau de l'oued (188.8 m NGM) jusqu'au niveau du déssableur (195.45 m NGM).

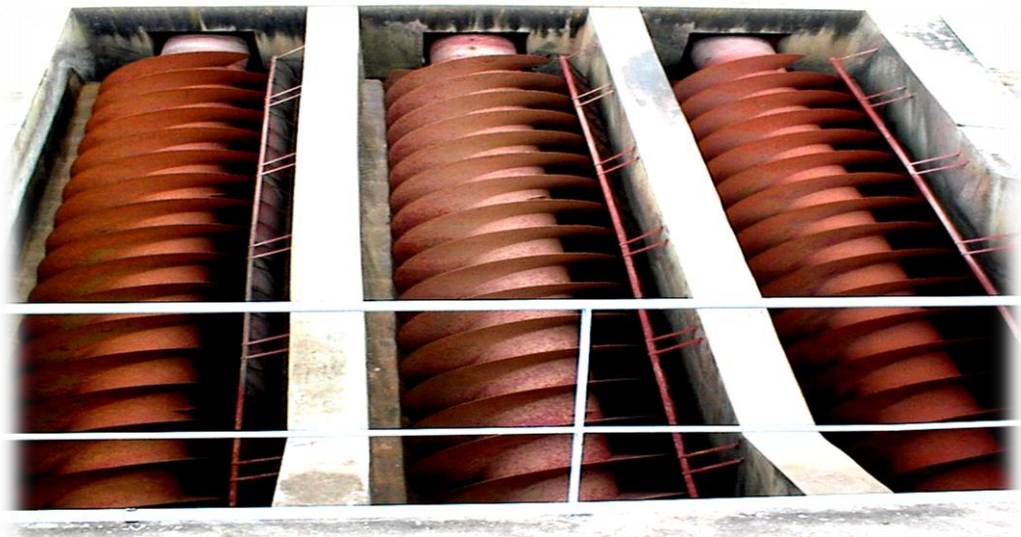


Figure 3. Les vis d'Archimède (Archimedes screw)



c) Le dégravillonnage (désablage) :

- Le désablage permet l'élimination des matières en suspension de taille importante ou de densité élevée via un décanteur classique. Cette étape est indispensable pour ne pas avoir une obstruction des canalisations ou une abrasion des équipements.
  - les sables extraits sont souvent envoyés en décharge.



Figure 4. Photo du désableur ( grit)

d) Répartiteur (mélangeur) :

e) Débourbage :

- C'est une étape qui a pour but d'éliminer certaines matières en suspension. Le débourbage 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 dont le but est d'agglomérer les petites particules mises en suspension afin de faciliter leur élimination.
  - chaque déboureur est équipé d'un mélangeur, un racleur de boue et de deux motopompes d'évacuation de boue.



Figure 5. Photo du débourbeur (rack)

f) Bâche de protection 1600 m<sup>3</sup> :

\* Cette bâche sert de protection des motopompes contre le phénomène de cavitation.

## II- Station de traitement :

- la réglementation concernant l'utilisation des eaux superficielles pour la production d'eau potable identifie 3 catégories décroissantes de qualité d'eau brute (A1, A2, A3), auxquelles sont associés 3 niveaux de traitements de plus en plus poussés. Le traitement faisant l'objet dans mon étude met en œuvre une combinaison de procédés adaptés aux caractéristiques de chaque eau brute et qui s'incarnent dans les étapes suivantes :

- + pré-chloration (ou la préoxydation).
- + Coagulation – floculation.
- + Décantation.
- + Filtration.
- + Désinfection.

} clarification

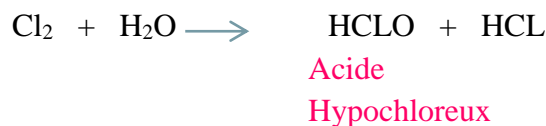
### A. La préoxydation : Pre-oxidation or prechlorination

- la préoxydation peut avoir différents objectifs :
  - ✓ éliminer le goût, les odeurs et la couleur.
  - ✓ éliminer le fer et le manganèse : l'oxydation les transforme en hydroxydes insolubles facilement séparables du liquide par décantation et filtration.
  - ✓ améliorer la clarification (meilleure cohésion des boues dans le décanteur ce qui permet d'augmenter la vitesse d'eau).

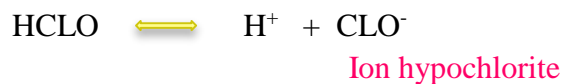
✓ maintenir la propreté des installations, en luttant contre la prolifération d'organismes non pathogènes (algues) mais qui nuisent au bon fonctionnement de certains ouvrages : décanteurs et filtres notamment.

\* l'oxydant le plus souvent utilisé est l'hypochlorite de sodium ou « eau de Javel » (NAOCL), ou le chlore gazeux (CL<sub>2</sub>). L'oxydation par le chlore a une bonne efficacité sur l'ammoniaque, le fer et le manganèse, il facilite également la clarification.

\* le chlore est introduit dans l'eau à partir de chlore gazeux (CL<sub>2</sub>) pour former dans un premier temps, de l'**acide hypochloreux** suivant la réaction :



dans un deuxième temps, l'acide hypochloreux s'ionise en ions hypochlorite, suivant la réaction réversible :



- ❖ La réaction d'oxydation par le chlore a néanmoins l'inconvénient de former des composés organiques chlorés tels que les trihalométhanes (THM) et de générer des mauvais goûts.

## B. La décantation physico - chimique (Physicochemical settling) :

✓ La décantation physique ne permet pas de traiter les particules les plus fines, les **colloïdes**, dont le diamètre est compris entre 3 et 200 nm. En effet, les colloïdes ne décantent pas spontanément et cela pour deux raisons : leurs vitesses de chute sont trop faibles et ils sont chargés négativement, ce qui engendre des forces de répulsion entre les particules. La décantation simultanée des colloïdes avec les MES est rendue possible par l'ajout de produits chimiques qui neutralisent ces charges et alourdissent l'amas, d'où le terme de décantation "physico-chimique", cette dernière comprend trois étapes :

### ☉ COAGULATION : ( coagulation)

✓ La coagulation permet la **suppression des forces de répulsion électrostatiques** par un ajout de sels métalliques, dont les cations (Al<sup>3+</sup> ou Fe<sup>3+</sup>) vont neutraliser les colloïdes chargés négativement et permettre l'agglomération des particules les plus fines, c'est la formation du **floc**. Un coagulant couramment utilisé est le sulfate d'alumine ou le chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>) en solution. Ce réactif est ajouté dans une cuve en amont de la décantation . Une agitation rapide permet d'homogénéiser sa concentration en réactif dans le flux à traiter. Si le but de la



coagulation par les sels de fer est d'éliminer les MES et les matières colloïdales, elle prend aussi en charge une partie du phosphore dissous, qui, par réaction avec les sels métalliques, passe sous forme insoluble et décantable.

### **☉ FLOCCULATION : (FLOCCULATION)**

✓ Un flocculant est introduit pour jouer le rôle de **liant entre les floccs**. Ceux-ci s'agglomèrent en flocons de plus en plus volumineux et ils s'alourdissent. Ils ont alors une masse et donc une vitesse de chute suffisamment importantes pour permettre leur décantation rapide. Le flocculant, appelé "polymère", peut être organique (alginates de sodium, amidons) ou de synthèse. La floculation se fait dans une cuve à agitation lente, afin d'uniformiser le réactif dans l'effluent à traiter tout en évitant la destruction des floccs formés.

### **☉ DÉCANTATION : (settling)**

✓ Une fois ces deux phases de traitement chimique effectuées, l'effluent est conduit dans un décanteur, généralement lamellaire, au fond duquel les floccs formés vont se déposer, puis en être extraits.

## **C. La filtration (Filtration) :**

*Objectif :* retenir les dernières particules en suspension non éliminée dans le décanteur, en faisant percoler l'eau à travers un milieu poreux qui est le plus souvent du sable.

L'efficacité de la filtration dépend de la taille des grains de sable, de la hauteur de la couche de sable et de la vitesse de filtration.

✦ Les 12 filtres de la station de traitement sont des filtres à sable d'une hauteur d'un mètre, chaque filtre est équipé d'un pupitre de lavage. Leur lavage se fait automatiquement ou manuellement après chaque colmatage en trois phases :

- 1- Phase air pendant 3min.
- 2- Phase air+ eau dite de barbotage pendant 10 min.
- 3- Phase eau dite de rinçage pendant 15 min.



Figure 6. photo des filtres à sable prise dans la station de traitement

#### **D. La désinfection (post- oxydation) : Désinfection**

*Objectif:* la désinfection a pour objectif d'éliminer les micro- organismes pathogènes (bactéries, virus et protozoaires) et de maintenir un résiduel bactériostatique dans les réseaux de distribution, de manière à éviter la dégradation de l'eau ; en particulier par reviviscence bactérienne.

√ Divers agents désinfectants peuvent être utilisés tels que le chlore et ses dérivées, l'ozone, les rayons ultra-violet. Mais le chlore est l'agent le plus utilisé comme désinfectant final, avant refoulement de l'eau dans le réseau ; il permet d'achever la désinfection de l'eau et de protéger le réseau contre les développements bactériens vu son effet rémanent.

# CHAPITRE III : LES DIFFÉRENTS PARAMÈTRES PHYSICO- CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES TESTÉS SUR L'EAU :

## Préambule :

√ Le suivi de la qualité des eaux produites et/ou distribuées est fait selon les lois et règlements régissant la qualité de l'eau destinée à l'alimentation humaine :

- La loi marocaine 10/95 sur l'eau ;
- L'arrêté N° 1277-01(2002) portant la fixation des normes de qualité des eaux utilisées pour la production d'eau potable ;
- La norme marocaine N°03.7.001 relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine ;
- La norme marocaine N°03.7.002 relative au contrôle et à la surveillance des réseaux d'approvisionnement publics en eau.

→ Les règlements régissant la qualité de l'eau potable (utilisées par l'ONEE), s'inspirent en grande partie des Directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour la qualité de l'eau.

√ Les paramètres adoptés pour « mesurer » la qualité de l'eau peuvent être regroupés en trois familles : les paramètres organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques.

**1) Les paramètres organoleptiques :** Il s'agit de la couleur, l'odeur, la turbidité (aspect trouble de l'eau). Ils n'ont pas d'effet sur la santé : ce sont essentiellement des critères de confort.

**2) Les paramètres physico-chimiques :** Il s'agit des caractéristiques de l'eau liées à son parcours naturel (le pH, la conductivité, la température, les chlorures, les sulfates...) Les éléments qui les déterminent sont parfois bénéfiques pour la santé. La variation de ces caractéristiques n'est pas dangereuse pour l'homme, mais peut causer des désagréments (goût altéré, corrosion des canalisations...).

**3) les paramètres microbiologiques :** Dans l'eau potable, la présence de germes non pathogènes est admise. En général, une contamination de l'eau du robinet par des microorganismes constitue la principale cause de non-conformité des eaux distribuées. C'est pourquoi la qualité microbiologique de l'eau est très surveillée.

L'amélioration générale du niveau d'hygiène a permis d'éradiquer les grandes épidémies hydriques. Aujourd'hui, les pathologies gastro-intestinales chez les personnes fragiles sont la manifestation la plus courante d'une eau contaminée.

**4) Les paramètres concernant les substances indésirables :** Leur origine peut être liée aux activités humaines ou au parcours naturel de l'eau. Leur présence est tolérée jusqu'à un certain seuil. Ce sont les nitrates, les hydrocarbures, les phénols, le fer.

## **1. Les paramètres organoleptiques :**

### **1) Couleur :**

La couleur de l'eau provient de matières organiques, comme par exemple les substances humiques, les tanins mais également les métaux comme le fer et le manganèse ainsi que les résidus industriels fortement colorés. La couleur, dans les systèmes publics d'approvisionnement d'eau, est esthétiquement indésirable.

☞ Le décret MS n° 2.914/2011 établit pour la couleur apparente une valeur maximale permise de 15 (quinze) UC ou mg/l de Pt (Pt/CO) comme standard organoleptique pour la consommation humaine.

### **2) Odeur :**

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler.

### **3) Goût, saveur :**

L'apparition de goût provient souvent d'une croissance de microorganismes à l'intérieur du système de distribution ou d'une contamination occasionnelle par des matériaux utilisés pour la construction ou l'entretien du réseau.

La saveur n'est pas toujours révélatrice de sa qualité, cependant la modification des caractéristiques gustatives constitue un bon indicateur de dégradation possible de la qualité.

### **4) La turbidité :**

#### **Définition :**

La mesure de la turbidité permet de déterminer la qualité de l'eau. La clarté et la transparence de celle-ci sont l'image d'une haute qualité.

Cette mesure se base sur le principe de l'interaction entre une onde lumineuse incidente et une particule en suspension qui engendre principalement des phénomènes de diffusion,

réflexion, absorption et réfraction. Elle se mesure en NTU (Nephelometric Turbidity Unit), unité de turbidité néphélométrique. Cette unité est utilisée lorsque la mesure s'effectue en lumière diffusée à 90°, à une longueur d'onde de 860 nm. Il existe d'autres unités de mesure, comme le FTU (Formazine Turbidity Unit), FNU (Formazine Nephelometric Unit), FAU (Formazine Attenuation Unit), etc.[11]. L'échantillon à analyser (minimum 20 ml) est versé dans une fiole transparente et placée dans le réceptacle de l'appareil. La valeur de la turbidité se lie directement à l'écran. La comparaison entre la turbidité de l'eau usée non traitée et la turbidité après traitement donnera la diminution de la turbidité, donc l'efficacité du traitement.

## **II. Les paramètres physico-chimiques :**

### **1. Le pH (potentiel d'hydrogène) :**

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline. La mesure de pH d'une eau se fait par mesure potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre, en déterminant l'activité des ions hydrogènes par utilisation d'une électrode de verre et d'une électrode de référence au calomel plongeant dans un même échantillon.

### **2. La conductivité électrique :**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. 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. Elle est fonction de la concentration totale en ions, de leur mobilité, de leur valence, de leur concentration relative et de la température. Son unité est le  $\mu\text{siemens/cm}$ .

La mesure de la conductivité est basée sur le principe du pont de Wheatstone qui mesure la résistance  $R$  (en ohms) d'une colonne d'eau de section  $S$  (en  $\text{cm}^2$ ) et de longueur  $L$  (en centimètre) entre deux électrodes en platine disposées parallèlement.

### **3. La dureté de l'eau :**

#### **Principe de la méthode :**

Le calcium et le magnésium présents dans l'eau sont complexés par l'EDTA (l'éthylènediamine tétra acétate disodique).

\* Le noir ériochrome qui donne une couleur rouge foncée ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur pour la détermination de la dureté totale. L'acide calcione carboxylique est utilisé comme indicateur pour le dosage du calcium.

\* Le magnésium est précipité lors du dosage sous forme d'hydroxyde de magnésium et n'interfère pas.

#### **➤ La dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) :**

La dureté totale d'une eau est la concentration totale en ions calcium, magnésium exprimés en carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) ainsi que d'autres cations bivalents dans cette eau.

- **Mode opératoire :**

\*A 100 ml d'eau à analyser (échantillon), ajouter 5 ml de la solution tampon.

\* une pincée d'indicateur de noir Eriochrome, et titrer au moyen de la solution complexométrique (EDTA) jusqu'au virage du rose au bleu.



100 ml d'échantillon à analyser

+



une pincée de noir ériochrome

+ 5 ml de la solution tampon



Dosage par la solution d'EDTA à 0,02 M Jusqu'au virage au bleu

↓  
Absence de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$

**RMQ :** on prépare la solution tampon par dissoudre 54 g de chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) dans un peu d'eau + 350 ml d'ammoniaque concentré et on complète avec de l'eau distillé.

- **Les réactions mises en jeu sont :**



Y: C'est le EDTA: Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique.

- **Expression des résultats :**

$\text{TH (méq/l)} = T_b \text{ (tombé de la burette)} \times 0.4$

➤ **La dureté calcique (THC) :**

La dureté calcique est la teneur de l'eau en ions calcium et qui représente une part considérable du TH.

- **Mode opératoire :**

\*A 100 ml d'eau à analyser, ajouter 5 ml de la solution de soude concentré (2M).

\*une pincée de calcone (indicateur) et titrer avec l'EDTA jusqu'au virage du rose au bleu royal.

#### **4) Le titre alcalimétrique (ta) :**

##### **Principe :**

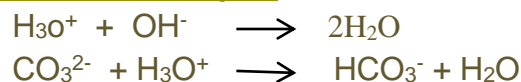
TA: Correspond à la neutralisation des ions hydroxydes OH<sup>-</sup> et à la transformation de la moitié des ions carbonates en hydrogencarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) par un acide fort.

##### **Mode opératoire :**

On prélève 100 ml d'échantillon dans un Erlenmeyer de 250 ml, on Ajoute deux gouttes de phénophtaléine (Indicateur de pH avec une zone de virage de 8.3 à 10), dont deux manifestations peuvent se présenter, soit :

- Une coloration rose, qui signifie que le TA est différent de 0, ce qui nécessite un dosage par HCl (N/10). On verse goutte à goutte jusqu'à la décoloration et on note le volume versé V.
- Pas de Coloration rose, ce qui signifie que le TA est égal à 0, donc pH de l'eau est inférieur à 8,3.

##### **Les réactions mises en jeu :**



$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}]$$

#### **➤ Le titre alcalimétrique complet (TAC) :**

##### **Principe :**

TAC: Le titre alcalimétrique complet correspond à la neutralisation par un acide fort des ions hydroxydes, carbonates et hydrogencarbonates.

##### **Mode opératoire :**

Pour déterminer le TAC, on utilise l'hélianthine (avec une zone de virage de 3.3 à 4.6), qu'on ajoute à 100 ml d'échantillon pour donner une coloration jaune, ce qui nécessite un dosage par HCl, on ajoute un volume V' d'acide chlorhydrique à l'aide d'une burette, tout on agitant après chaque goutte versé jusqu'à l'apparition d'une coloration jaune orangée.





Après ajout d'hélianthine (méthyl orange)



Après dosage par HCL 0.01N



### Expression des résultats :

TA (en méq/l) = V (ml)

TAC (en méq/l) = V' + V (ml) ; avec :

V : Le volume de HCl en ml versé pour la détermination de TA.

V' : Le volume de HCl en ml versé pour la détermination de TAC.

### III. Les paramètres concernant les substances indésirables :

#### L'indice permanganate :

L'indice permanganate d'une eau est la concentration en masse d'oxygène en relation avec la quantité d'ions permanganate consommée par un échantillon d'eau, dans des conditions définies. Exprimé en mg/L d'oxygène, il correspond à une mesure conventionnelle pour évaluer la contamination d'un échantillon d'eau faiblement chargé en matière organique.

#### Principe :

Le test consiste à mesurer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières oxydables contenues dans une eau.

Les matières oxydables contenues dans l'eau à analyser sont oxydées par un excès de permanganate de potassium en milieu acide à chaud pendant 13 min, ensuite le  $\text{KMNO}_4$  est réduit par l'acide oxalique en excès, et on effectue un dosage en retour de cet excès par le  $\text{KMNO}_4$ .

#### Mode opératoire :

\* Dans un ballon à col rodé, on introduit 100 d'échantillon + 2 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré (95 à 97%) + 10 ml de  $\text{KMNO}_4$  (N/100).

\* Le mélange est ensuite chauffé dans un bain marie à  $105^\circ\text{C}$  pendant 13 min.



\* On ajoute 1 ml d'acide oxalique  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  (0.1N) , puis on effectue un dosage avec  $\text{KMnO}_4$  (N/100). La solution prend une couleur rose au point d'équilibre.

Les réactions mises en jeu :



La réaction globale est :



Expression des résultats :

La quantité d'oxygène nécessaire est donnée par la l'expression :

$$\text{Oxydabilité (mg/l)} = T_b \times 0,8$$

Avec :  $T_b$  est la tombée de burette exprimée en ml (volume de permanganate de potassium versé).

#### IV. L'examen bactériologique d'eau :

##### 1. Les bactéries recherchées :

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Elle permet également de contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement.

Les microorganismes (germes) témoins de contamination fécale, les plus représentatifs sont :

- ✚ Les coliformes totaux.
- ✚ Les coliformes fécaux.
- ✚ Les entérocoques intestinaux.
- ✚ Les anaérobies sulfite-réducteurs.
- ✚ Les microorganismes revivifiables.

##### a) Les coliformes fécaux :

On parle aussi des Coliformes thermo tolérants, capables de fermenter le lactose à une température de  $44^\circ\text{C}$ . L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli*, principale bactérie de contamination fécale. Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique. (Institut national de santé de Québec 2013).

##### b) Les streptocoques fécaux :

Ce sont des bactéries de forme sphérique au coccoïde, Gram+, 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, capables d'hydrolyser l'esculine en présence de bile.

### c) Les Clostridium sulfito-réducteurs :

Les clostridium sulfito-réducteurs sont des germes anaérobies stricts, sous formes de bâtonnet, sporulant, d'origine tellurique et très résistants aux traitements de désinfection, ils constituent un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection.

### d) Les microorganismes revivifiables :

La recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes dits "revivifiables" permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture et représentant la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle. Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sous certaines conditions, ils peuvent générer des problèmes. Ce sont des bactéries aérobies anaérobies facultatives, elles nécessitent essentiellement de la matière organique comme source de carbone et une température optimale située entre 20 et 45 °C.

<i>Germes recherchés</i>	<i>Norme Marocaine fixée</i>
Les coliformes.	0 UFC/100 ml
Entérocoques intestinaux.	0 UFC /100 ml
Les clostridium sulfito-réducteur.	0 UFC /100 ml
Les bactéries hétérotrophes revivifiables.	20 UFC/1 ml à 37C° 100C/1 ml à 22C°

## 2. Les milieux de cultures utilisés :

### ❖ Le tergitol 7 TTC :

Ce milieu permet d'effectuer la recherche et le dénombrement des Escherichia coli et des bactéries coliformes dans les eaux, notamment celles destinées à la consommation humaine par la méthode de la membrane filtrante. Ces derniers présentent des colonies de coloration jaune, à l'intérieur d'un halo jaune visible sous la membrane.,Celui-ci est provoqué par l'acidification du lactose en présence de l'indicateur coloré, le bleu de bromothymol.

### ❖ Milieu Slanetz :

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. Le TTC est un indicateur de la croissance bactérienne. Il est réduit en formazan insoluble à l'intérieur de la cellule. Cette réaction se manifeste par l'apparition de colonies de couleur rouge à marron. (BIOKAR).

❖ Milieu TSC :

La gélose Tryptone-Sulfite-Cyclosérine (TSC) utilisée pour l'isolement sélectif et le dénombrement de Clostridium dans les eaux destinées à l'alimentation humaine. Ce milieu est également recommandé pour le dénombrement des anaérobies sulfite-réducteurs dans les denrées d'origine animale. Les microorganismes sulfite-réducteurs réduisent le sulfite de sodium en sulfure, provoquant avec le citrate ferrique un précipité noir de sulfure de fer autour des colonies. (BIOKAR)

❖ La gélose PCA :

La gélose pour dénombrement, ou PCA standard (pour Plate Count Agar, en anglais), est un milieu utilisé pour le dénombrement des microorganismes aérobies revivifiables, aussi nommés FMAR (Norme AFNOR NF T 90-401 et 402). C'est un milieu nutritif sans inhibiteurs, dont l'intérêt est de favoriser le développement des micro-organismes qu'on y a déposés. L'ensemble de tous les micro-organismes s'appelle la flore totale. (Microbiologie de l'eau).



Figure 7 : photos des milieux de culture

Remarque : tous les tests bactériologiques qu'on a effectués sur l'eau traitée sont négatifs → elle est exempt de toute contamination bactérienne.

## CHAPITRE IV :

# PROCÉDÉ DE TRAITEMENT PHYSICO - CHIMIQUE D'ÉPURATION D'EAU (JAR - TEST)

### I. Rappel théorique :

#### 1) COAGULATION :

Le terme coagulation décrit uniquement le phénomène qui consiste à déstabiliser une solution stable contenant des particules en suspension. Cela se fait par la réduction des forces qui tendent à garder les particules éloignées les unes des autres, par ajout de produits chimiques (coagulants). La durée de coagulation est généralement assez courte, compte tenu d'une agitation importante permettant un temps de contact efficace entre les réactifs et les particules. La coagulation résulte d'interactions entre différentes forces électrostatiques et/ou électriques entre particules voisines.

- ✚ Le sulfate d'alumine est le coagulant utilisé dans la station de traitement, la réaction de sa décomposition en solution est la suivante :



- L'ion trivalent d'aluminium résultant de l'hydrolyse forme un précipité d'hydroxyde d'aluminium avec libération d'acide. L'acide formé sert à neutraliser les forces de répulsions tandis que le précipité assure la coalescence des colloïdes déstabilisés.

#### 2) FLOCCULATION :

Il s'agit ici de la seconde phase, complémentaire à la coagulation. Ce terme est réservé au processus de formation des particules assez denses pour décanter. Une fois les colloïdes déstabilisés, elles sont aptes à s'agglomérer et former des floccs décantables. La flocculation résulte des pontages chimiques.

### II. Procédé pratique de traitement :

- Le procédé adopté en laboratoire consiste à suivre les étapes suivantes :
  - ❖ Pré chloration par le chlore au break-point.
  - ❖ Essai au sulfate d'alumine.

- ❖ Amélioration de l'essai par l'utilisation d'adjuvant de flocculant : l'alginate, le poly électrolyte.
- ❖ Utilisation d'autres réactifs d'amélioration et de correction tels que le permanganate de potassium, le charbon actif, la chaux et l'acide sulfurique.

## 1- Degré chlorométrique :

### a) Principe :

En milieu acide, les ions hypochlorites ( $\text{ClO}^-$ ) sont décomposés avec dégagement du  $\text{Cl}_2$  qui oxyde les iodures ( $\text{I}^-$ ). L'iode libéré est dosé par une solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )  $\longrightarrow$  méthode de bunsen.

### b) Mode opératoire :

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on introduit successivement :

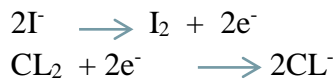
- + 1 ml d'eau de Javel ( $\text{NaOCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ).
- + 10 ml d'acide acétique  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (9N).
- + 10 ml d'iodure de potassium  $\text{KI}$  à 10%  $\longrightarrow$  apparition de couleur brune.
  - On titre l'iode libéré par le thiosulfate  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (N/10) jusqu'à coloration jaune pâle on ajoute après 5 gouttes d'empois d'amidon (juste avant l'équivalence) jusqu'à décoloration.

### c) Les réactions mises en jeu :

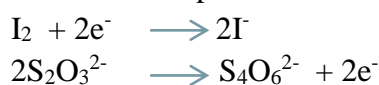
L'eau de javel formée essentiellement de chlore réagit avec l'acide acétique selon la réaction suivante :



- ❖ Les équations d'oxydoréduction sont les suivantes ; (l'apparition de la couleur brune est due à la présence d' $\text{I}_2$ ) :



- ❖ Le diode  $\text{I}_2$  formé est titré par les ions thiosulfate  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ .



#### d) Expression des résultats :

La concentration en chlore dans l'eau de javel est donnée par la relation :

$$[Cl_2] = T_b \times 3.55 \text{ (g/l)}$$

; Avec :  $T_b$  est le volume versé (ml) de

Thiosulfate (N/10) au point d'équivalence.

### 2- Demande en chlore :

- Déterminer la demande en chlore de l'eau permet d'évaluer le taux de chloration à appliquer à l'eau à traiter pour obtenir une teneur résiduelle en chlore donnée, après un temps de contact fixé et à une température donnée. Cette demande en chlore doit être effectuée en fonction des objectifs de la détermination et dans les conditions pratiques de l'installation.

- Mode opératoire suivi en laboratoire :

- + D'abord, on dilue la solution mère d'eau de Javel déjà préparée avec l'eau distillée de manière à obtenir une solution fille de  $C = 0.1 \text{ g/l}$ .
- + Après, on prépare une série de 6 flacons en verre opaque soigneusement nettoyés. On introduit dans chaque flacon 100 ml d'eau brute à analyser, puis des volumes croissants de la solution fille.
- + Agiter et boucher les flacons, placer à l'abri de la lumière.
- + Au bout du temps de contact défini (30 min), on détermine le chlore résiduel libre dans chacun des flacons par le comparimètre à la DPD.
- + Enfin, on trace la courbe représentant la quantité de chlore résiduel libre en fonction du chlore introduit pour déterminer le Break-point (la dose optimale de chlore à injecter pour une désinfection efficace).

### III. Résultats obtenus :

Les résultats expérimentaux obtenus sur deux échantillons d'eau d'Oued Sebou sont regroupés dans les tableaux 1 et 2 suivants :

- Tableau 1 : résultats d'essai 1 (prélevé le 25/04/2018.)

N° de flacon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CL <sub>2</sub> injecté en mg/l	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6,5
CL <sub>2</sub> résiduel en mg/l	0,1	0.3	0.7	1	1.2	1.4	0.7	1.8	2	2.5	3	3

○ Tableau 2 : résultats d'essai 1 (prélevé le 04/05/2018.)

N° de flacon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CL <sub>2</sub> injecté en mg/l	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6,5
CL <sub>2</sub> résiduel en mg/l	0,1	0.4	0.6	1	1.4	1.6	1.6	1.2	2.5	3	3	3.5

➤ Détermination du break-point (point de rupture) :

\*Le break-point permet de déterminer la dose d'eau de Javel à injecter :

ESSAI 1

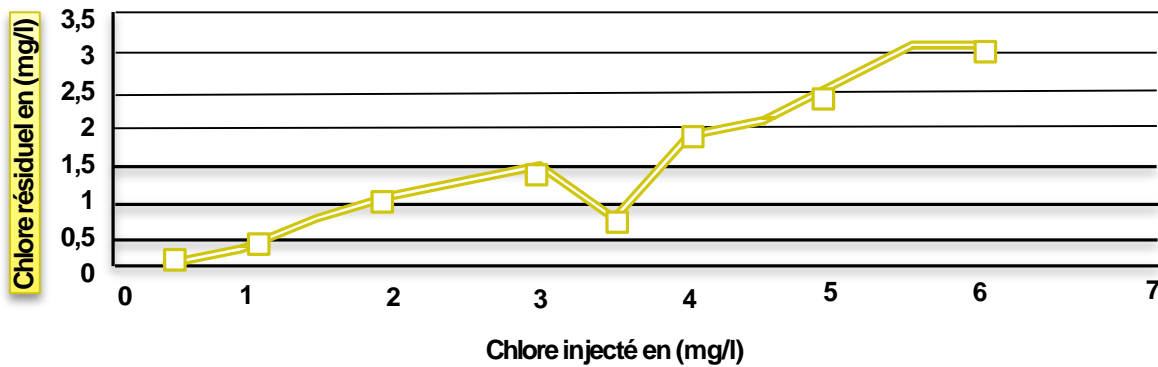


Figure 8 : Variation de la demande en chlore en fonction de la quantité du chlore injectée

ESSAI 2

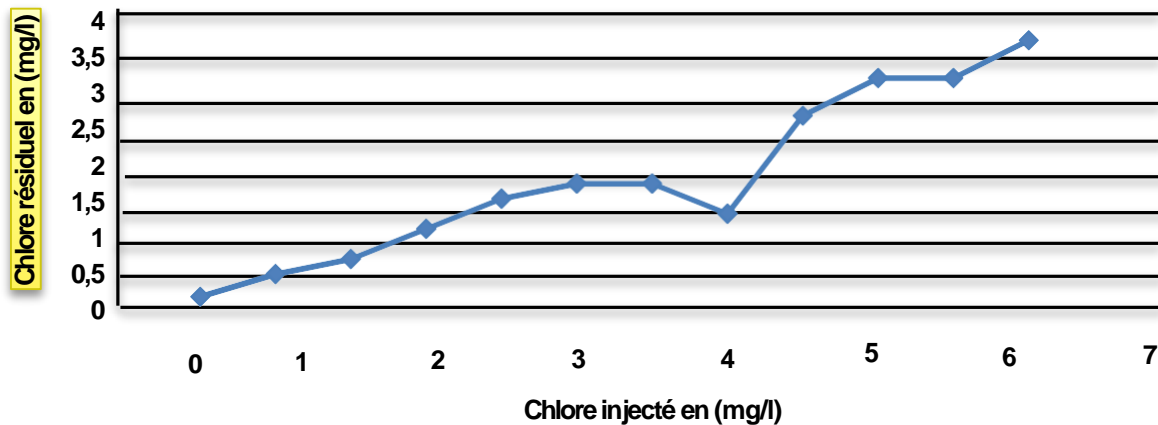


Figure 9 : Variation de la demande en chlore en fonction de la quantité du chlore injectée

\*D'après les courbes ci-dessus, on peut conclure que la dose à injecter :

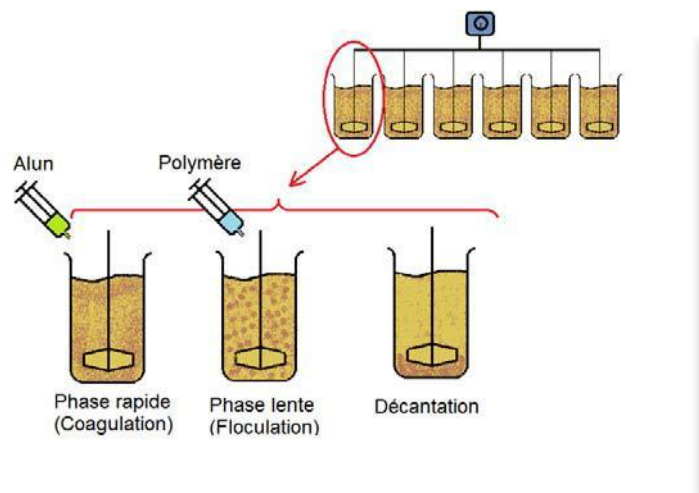
Tableau 3: La dose du chlore injectée

	Essai 1	Essai 2
Pré-chloration	3.5	4

✓ Pour l'essai 1, on injecte 3.5 mg/l d'hypochlorite de sodium et pour le deuxième 4 mg/l.

3- Jar- tests :

✚ Les jar-tests sont une simulation à petite échelle de ce qui se passe en station de traitement lors de la coagulation/floculation. Ces tests permettent d'évaluer différents paramètres qui influencent ce processus comme il est illustré ci-dessous :



	Facteurs
Phase rapide (Coagulation)	1) Vitesse de coagulation
	2) Temps de coagulation
	3) Concentration d'alun
	4) Temps d'ajout du polymère
Phase lente (Floculation)	5) Vitesse de floculation
	6) Temps de floculation
	7) Concentration du polymère
Autres	8) Caractéristique de l'eau

Figure10.banc de Jar-test

Tableau 4 : les 8 facteurs influençant la Coagulation-floculation

a) Matériel :

- 6 béciers d'un litre chacun, tous muni d'un axe au bout duquel se trouve une pale rotative. Les axes sont reliés à un même moteur, ce qui permet de maintenir la même vitesse dans chaque bécier, comme illustré dans la figure2.
- Verrerie de laboratoire.
- Papier filtre bande blanche.

b) Réactifs :

b.1- Solution d'eau de Javel 1g/l préalablement préparée suivant la procédure ci-dessus.



b.2- Solution mère du réactif coagulant (sulfate d'alumine) : on prépare une solution de concentration 100g/l → on pèse 100g de  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  et on dissout dans un litre d'eau distillée.

b.3- Solution fille du réactif coagulant : on dilue au 1/10 la solution mère précédente avec de l'eau distillé au moment de l'essai.

b.4- le floculant (poly électrolyte) de concentration 0.1g/l.

### c) Mode opératoire :

- ❖ Avant d'entreprendre le jar-test, un certain nombre de déterminations préliminaires doivent être effectuées sur l'eau brute d'Oued Sebou. Celles – ci concernent :
  - Le pH, l'alcalinité (TA et TAC) , l'oxydabilité à chaud en milieu acide.
  - La turbidité (sur eau brute et sur eau après filtration sur papier bande blanche).
  - La demande en chlore de l'eau à traiter avec relevé du chlore résiduel, correspondant au « Break-point » éventuel. (étape déjà décrite au-dessus).
- ❖ Dans chacun des 6 béchers on verse 1 litre d'eau brute et on les place sur le banc de floculation en introduisant successivement dans chacun la dose de chlore correspondant à la demande en chlore précédemment déterminée pour chacun des 2 essais.
- ❖ on met en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tours/min (Agitation rapide), et on ajoute le sulfate d'alumine (coagulant) en maintenant l'agitation rapide pendant 2 min.
- ❖ Ensuite, on introduit le poly électrolyte en diminuant l'agitation à 40 tours/mn pendant 20min (Agitation lente).
- ❖ A la fin d'agitation lente, on laisse décanter durant 30 min et on mesure les paramètres tels que dans l'eau brute , et de même après filtration de cette eau.

### i. Analyses sur l'eau brute (Oued Sebou) :

Les résultats obtenus sont notés dans le tableau suivant :

<b>Paramètres</b> \ <b>Essai</b>	<b>Essai 1 : 25/04/2018</b>	<b>Essai 2 : 04/05/2018</b>
pH	8.36	8.4
TA en méq/l	0.5	0.4
TAC en méq/l	5.4	6.1
Oxydabilité en mg/l	6.35	2.72
Turbidité en N.T.U	51.8	129
Turbidité colloïdale en N.T.U	3	2.03
Demande en chlore en mg/l	3.5	4

**N.B :** Ces analyses préliminaires effectuées au laboratoire sur 2 prélèvements permettent de faire une première idée sur les réactifs à employer, et de juger de l'efficacité de ces réactifs par comparaison avec les résultats obtenus après traitement. De surcroit, comme la turbidité dans les 2 essais est supérieure à 5 NTU et la turbidité colloïdale est aussi supérieure à 0.5 NTU donc on procède à l'essai Jar-test.

❖ *Critères de choix de la dose optimale de traitement (Meilleur bécher) :*

- Taille des floccs > 6 ;
- Turbidité de l'eau décantée < 5N.T.U ;
- Turbidité après filtration sur papier < 0.50 N.T.U ;
- pH entre 6.5 et 8.5 ;
- Oxydabilité à chaud pendant 13 min < 2mg d'O<sub>2</sub>/l ;
- Seuil de saveur et odeur à 3 ;

*ii-Essai 1: fixation du coagulant:*

Pour optimiser la dose du poly-électrolyte, on injecte une dose fixe du sulfate d'alumine et des doses croissantes du poly-électrolyte.

Dosage en mg/l	I	II	III	IV	V	VI
Pré chloration	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Coagulant	60	60	60	60	60	60
Floculant	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7



<b>A. Observation pendant le déroulement du processus :</b>						
	I	II	III	IV	V	VI
Délai d'apparition de floc	5s	5s	5s	5s	5s	5s
Aspect du floc en fin d'agitation lente	<b>Bon floc</b>	Bon floc	Bon floc	excellent	excellent	Excellent
<b>B. Observation après décantation (30 min)</b>						
pH	<b>7.67</b>	7.59	7.55	7.60	7.65	7.59
Oxydabilité à chaud en mg/l	<b>1.68</b>	1.92	2.96	1.84	1.36	1.84
Turbidité en N.T.U	<b>0.69</b>	0.70	1.73	0.83	0.83	0.79
Chlore résiduel en mg/l	<b>0.1</b>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

### C. Observation après filtration

Turbidité en N.T.U	<b>0.37</b>	0.44	0.53	0.44	0.33	0.32
TAC en méq/l	<b>5.1</b>	5.5	5	5.1	5	5.2

#### ○ Interprétation des résultats :

\* Pour l'essai 1 : le bécher n°III est éliminé puisque les paramètres analysés ne respectent pas les normes : la turbidité colloïdale > 0.5 N.T.U et l'oxydabilité à chaud (en milieu acide) > 2mg/l.

-On peut dire d'après les résultats obtenus que le meilleur bécher correspond au premier (n°I) : les valeurs respectent les normes (critères) prédéfinies donc la dose optimale du floculant est 0.1mg/l.

### *iii-Essai 2 : fixation du floculant (poly électrolyte) :*

Pour optimiser la dose du sulfate d'alumine en présence du poly-électrolyte, on injecte des doses croissantes du sulfate d'alumine et une dose fixe du poly-électrolyte.

Dosage en mg/l	I	II	III	IV	V	VI
Pré chloration	4	4	4	4	4	4
Coagulant	20	30	40	50	60	70
Floculant	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2



#### A. Observation pendant le déroulement du processus :

	I	II	III	IV	V	VI
Délai d'apparition de floc	3s	3s	3s	3s	3s	3s
Aspect du floc en fin d'agitation lente	Bon floc (8)	Bon floc (8)	Bon floc (8)	Bon floc (8)	Excellent (10)	Excellent (10)

#### B. Observation après décantation (30min) :

pH	8.00	7.83	7.66	7.61	7.58	<b>7.52</b>
Oxydabilité à chaud en mg/l	0.8	1.44	1.76	0.56	1.86	<b>1.2</b>
Turbidité en N.T.U	2.39	0.7	0.9	0.5	1.3	<b>1.4</b>
Chlore résiduel en mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	<b>0.1</b>

### C. Observation après filtration

Turbidité en N.T.U	0.68	0.9	0.86	0.41	0.59	<b>0.36</b>
TAC en méq/l	5.8	6.2	6.2	5.2	5.3	<b>5.5</b>

#### ○ Interprétation des résultats :

\*Pour l'essai 2 : on élimine les béchers I,II,III,V car les valeurs des paramètres sont en dehors des normes , dans ce cas le bécher choisi correspond au n°VI donc la dose optimale du coagulant est 70mg/l.

➔ Les résultats obtenus pour ces 2 essais coïncident avec les taux de réactifs injectés lors du traitement au niveau de la station pendant les périodes normales :

- Demande en chlore : entre 3.5 et 5.5
- Sulfate d'alumine : entre 50 et 70 mg/l
- Dose du poly-électrolyte : entre 0.05 et 0.1 mg/l

De plus, le suivi du pH après décantation lors d'essai 2, montre une diminution progressive au fur et à mesure que la dose du coagulant augmente. Ce qui est prévisible du fait des réactions d'hydrolyse du sulfate. A l'optimum, le pH pour chacun des 6 béchers est dans une gamme de valeurs entre 6.5 et 8.5 et reste donc conforme aux normes de potabilité.

Les ions bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$ , en plus de leur pouvoir tampon favorisent la formation d'hydroxyde d'aluminium  $\text{AL}(\text{OH})_3$  et ceci est confirmé aussi par la baisse du pH et celle du TAC.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

L'objectif de mon travail à l'ONEE était l'étude expérimentale du processus de coagulation/floculation qui a lieu dans les bassins de décantation. Sous l'action de certaines forces, les particules en suspension s'agglomèrent et forment des floes de densité plus importante, qui peuvent alors se décanter.

Des jar-tests ont permis ainsi d'évaluer l'ajout d'alun (coagulant) et du polymère (floculant) dans les eaux de la station Ain Nokbi tout en simulant à petite échelle le phénomène de la coagulation/Floculation.

Toutes ces informations permettront de mettre au point le modèle de la décantation primaire, en prenant en compte l'effet des produits chimiques ajoutés. Les facteurs influents ayant été identifiés, il sera alors facile de se concentrer sur ceux qui le sont, pour optimiser la décantation.

## ANNEXES :

La norme marocaine de la qualité des eaux d'alimentation humaine :

Paramètre	Expression des résultats	VMA (valeur maximale admissible)	Commentaires
Odeur	Seuil de perception à 25 °C	3	
Saveur	Seuil de perception à 25 °C	3	
Couleur réelle	Unité Pt mg/l	20	
Turbidité	Unité de la turbidité néphélométrie	5	Turbidité médiane $\leq$ 1NTU et Turbidité de l'échantillon $\leq$ 5 NTU
Température	°C	Acceptable	
			Pour que la désinfection soit

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- ❖ Manuel de l'analyse de l'eau de Jean Rodier, Bernard Legube, Nicole Merlet (17 JUIN 2009).
- ❖ Manuel pratique d'analyse de l'eau, 4<sup>ème</sup> édition / National Health Foundation, BRASILIA : Funasa (2013).
- ❖ Analytical Instrumentation for the water Industry by Butterworth – Heinemann (OCTOBER 11,1991).
- ❖ Mémento technique de l'eau, Dégremont (30 OCTOBER 2001).
- ❖ Projet de fin d'études : Surveillance de la qualité de l'eau potable à la société REDAL (Nascimento Anilda Maria Dias).
- ❖ Fundamentals of Water treatment Unit Processes : Physical, Chemical and biological, David Hendricks (9 NOVEMBER 2010).

