





Licence Sciences et Techniques (LST)

# Techniques d'Analyse et Contrôle Qualité

## TACQ

### PROJET DE FIN D'ETUDES

Essais de coagulation – floculation  
(jar test)

Présenté par :

◆ **BOUKILI El Mehdi**

Encadré par :

- ◆ **Mr DRISS Hamdani (ONEE BE)**
- ◆ **Pr TOUZANI Hanane (FST)**

**Soutenu Le 16 Juin 2015 devant le jury composé de:**

- **Pr TOUZANI Hanane**
- **Pr KADRI RODI Youssef**
- **Pr CHAKROUNE Said**

**Stage effectué à ONEE**

**Année Universitaire 2014 / 2015**

## Remerciement

*Au terme de ce travail, je présente mes sincères remerciements à **Monsieur Chakroun Said** et **Mme HANANE Touzani** pour leurs encadrement et soutien tout au long de ce travail, que ces modestes mots puissent exprimer ma reconnaissance, mon profond respect, ma gratitude et ma haute estime.*

*Je tiens également à exprimer mon respect au chef de Laboratoire **Mr Abouzohour** qui m'a offert l'opportunité d'effectuer mon stage de projet de fin d'étude au sein de l'Office National de l'Eau Potable.*

*Mes vifs remerciements s'adressent aussi à **Mr Driss Hamdani** que j'ai trouvé en lui une source illimitée de générosité et de dévouement, pour m'avoir permis de profiter de ses connaissances.*

*Tous mes remerciements à, **Mr Fellah, Mr Rachid Filali, Mme Alami Kaltoume, Mme Fouzia Annouhe**, pour leur gentillesse et leur disponibilité.*

*Et finalement merci à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>PRESENTATION GENERALE DE L'O. N.E.E-BRANCHE EAU</b> .....	<b>2</b>
<b>CHAPITRE I : DESCRIPTION DU PROCEDE DU TRAITEMENT</b> .....	<b>4</b>
<b>1) STATION DE PRETRAITEMENT :</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 Le dégrilleur :</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2 Station de relevage d'eau brute:</b> .....	<b>5</b>
<b>1.3 Déssableur :</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4 Répartiteur (Mélangeur) :</b> .....	<b>6</b>
<b>1.5 Débourbeur :</b> .....	<b>6</b>
<b>2) STATION DE TRAITEMENT</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 Ouvrage d'arrivée</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2 Répartiteur (Mélangeur) :</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3 Décanteurs</b> .....	<b>8</b>
<b>2.4 Filtres</b> .....	<b>9</b>
<b>2.5 Laboratoire</b> .....	<b>9</b>
<b>CHAPITRE II : CONTROLE DE LA QUALITE DE L'EAU</b> .....	<b>10</b>
<b>1) ANALYSE ORGANOLEPTIQUE</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1 couleur</b> .....	<b>10</b>
<b>1.2 odeur</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3 Gout</b> .....	<b>10</b>
<b>2) ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1 Température</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2 Conductivité</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3 pH</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4 Turbidité</b> .....	<b>13</b>
<b>2.5 Détermination (TA)et ( TAC)</b> .....	<b>14</b>
<b>2.6 titre hydrotimétrique (TH)</b> .....	<b>15</b>
<b>2.7 Dureté calcique</b> .....	<b>16</b>
<b>2.8 OXYDABILITE</b> .....	<b>17</b>
<b>2.9 Détermination du bore par spectrométrie UV</b> .....	<b>18</b>
<b>3) DEMANDE EN CHLORE:</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1 principe</b> .....	<b>19</b>

<u>3.2</u>	<u>Mode opératoire</u> .....	19
<u>3.3</u>	<u>Interprétation</u> .....	20
<u>3.4</u>	<u>Interprétation de la courbe</u> .....	21
<b>CHAPITRE III</b>	<b>: ESSAI DE COAGULATION- FLOCCULATION (JAR-TEST)</b> .....	<b>23</b>
<u>1)</u>	<u>COAGULATION –FLOCCULATION</u> .....	23
<u>1.1</u>	<u>Coagulation</u> :.....	23
<u>1.2</u>	<u>Flocculation</u> :.....	24
<u>2)</u>	<u>JAR TEST</u> .....	24
<u>2.1</u>	<u>Le but</u> :.....	24
	<u>Détermination du taux de Cl<sub>2</sub></u> :.....	25
<u>2.2</u>	<u>Mode opératoire</u> .....	25
<u>2.3</u>	<u>Critères de choix des doses optimales</u> .....	26
<u>2.4</u>	<u>Résultats</u> .....	27
	<u>Essai .1 : optimisation du coagulant</u> .....	27
	<u>Interprétation des résultats</u> : .....	28
	<u>Essai 2 : optimisation du flocculant</u> .....	29
	<u>Interprétation des résultats</u> .....	29
<u>Conclusion</u> .....		30

# Introduction

Nous vivons sur la planète bleue. L'eau joue un rôle déterminant dans la vie des hommes, des animaux et des plantes. Mais seulement la plus petite partie, 0,3% des réserves globales en eau, sont utilisables comme eau potable. Et c'est justement cette petite partie qui est en danger. Les scientifiques attirent notre attention sur l'augmentation inquiétante de la pollution des réserves d'eau potable. Une réorientation radicale concernant notre environnement est donc nécessaire de toute urgence.

L'eau potable propre et non polluée devient de plus en plus rare. La pollution chimique par des eaux usées de l'industrie et de l'agriculture, les eaux d'égout des ménages chargées de détergents et de lessive ainsi que l'infiltration de substances toxiques ont déjà atteint la nappe phréatique. Les distributeurs d'eau sont par conséquent confrontés à des gros problèmes concernant le respect des limites de pollution.

A cause de cette pollution, l'utilité de procéder à des contrôles fréquents et d'établir des laboratoires pour effectuer ces contrôles, devient nécessaire. Pour s'assurer de la qualité de l'eau.

Ce stage a été effectué à la station de traitement d'eau d'Oued Sebou. Son objectif est de connaître les différentes étapes de traitement de l'eau et de participer à différentes analyses réalisées au sein du laboratoire régional afin de contrôler le traitement et la potabilité de l'eau.

*Le travail de ce stage comporte trois étapes:*

- Description de la station du prétraitement et du traitement de l'eau d'Oued Sebou ;
- Présentation de quelques méthodes d'analyse de l'eau effectuées au sein du laboratoire ;
- Etude de la coagulation suivie de la floculation (Jar test) ;

## Présentation générale de l'O. N.E.E-Branche Eau

### **1. Historique :**

Jusqu'au 1959 la ville de FES était alimentée en eau potable à partir des sources AIN CHKEF (1915) AIN AMIR (1934) et AIN BORKAIZ (1951).

L'intervention de l'ONEP (branche Eau de l'ONEE actuellement) a débuté au niveau de la production en 1978. Durant la période 1978-1984 l'ONEP a mis en service deux adductions captant les eaux de 7 forages.

La ville de FES a fait l'objet de 1976 à 1978 d'une étude du Schéma Directeur élaborée dans le cadre du 3ème projet eau potable OMS-PNUD. Cette étude a dégagé la nécessité de recourir aux eaux superficielles de l'OUED SEBOU à capter au niveau du pont portugais.

L'ONEP, comme prévu initialement par le Schéma Directeur avait réalisé la première tranche de 800 l/s de la station de traitement des eaux de l'OUED SEBOU. La réalisation des débourbeurs a été différée pour une meilleure appréciation des transports solides.

Dès la mise en service de ce projet en 1987, de forts taux de M.E.S atteignant 170 g/l, ont été enregistrés lors des crues de l'OUED SEBOU. La station conçue pour traiter des taux inférieurs à 2 g/l se trouvait à l'arrêt provoquant des perturbations importantes de l'AEP de la ville.

Afin de remédier à cette situation, l'ONEP a réalisé en 1989 et 1991 un ensemble de projet consistant en une station de prétraitement pouvant traiter des eaux brutes chargées par des taux de M.E.S allant jusqu'à 50 g/l et le renforcement du stockage au niveau de la station par des réservoirs de capacité 45.000 m<sup>3</sup>.

D'autre part, durant la période 1992-1994 deux adductions de secours à partir de 8 forages dans les zones dites RAS EL MA et la Route de SEFROU ont été réalisées par l'ONEP pour la sécurité d'AEP des différents quartiers de la ville.

En 1996, l'ONEP a mis en service la deuxième tranche de la station de traitement de SEBOU qui a porté son débit de 800 à 1700 l/s.

### **2. Présentation de l'ONEE**

L'Office National de l'Electricité et de l'Eau potable (ONEE) est un établissement public créé par la loi 40-09, le 12 avril 2012 suite au regroupement de l'Office National de l'Electricité (ONE) et de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP).

L'ONEE est organisé actuellement en deux branches : branche Eau potable et Branche Electricité.

LA branche Eau de l'ONEE est un acteur principal du 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.

### **3. principales missions de l'Office dans le domaine de l'eau sont :**

#### **➤ Planification :**

- Planification de l'approvisionnement en eau potable à l'échelle du Royaume ;
- Programmation des investissements : eau potable et assainissement liquide ;

#### **➤ Etudes & Equipement :**

- Des projets d'approvisionnement en eau potable / Assainissement liquide ;
- Suivi et réception des travaux ;

#### **➤ Production de l'eau de potable conformément aux normes en vigueur**

#### **➤ Contrôle de la qualité :**

- Des eaux produites et distribuées ;
- Des eaux susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation en eau potable ;

#### **➤ Gestion pour le compte des communes :**

- Du service d'eau potable ;
- Du service d'assainissement liquide dans les villes où il assure la distribution de l'eau potable ;

#### **➤ Participation et assistance :**

- Aux études menées par les départements ministériels en liaison avec le secteur de l'eau potable et de l'assainissement liquide ;
- A l'élaboration des projets de textes législatifs et réglementaires en rapport avec les missions de l'Office.

### **4. Les axes stratégiques de l'Office pour l'activité eau sont :**

- Pérennisation, renforcement et sécurisation des infrastructures d'eau potable en milieu urbain,
- Généralisation de l'accès à l'eau potable en milieu rural,
- Maintenance et amélioration des performances des installations existantes,
- Intervention active dans le secteur de l'assainissement liquide dans le cadre de la préservation de l'environnement.

L'unité de production de l'eau potable de Sebou représente une des principales unités « type classique ». Elle est classée dans la 3ème position en termes de capacité de production au Maroc



## Chapitre I : Description du procédé du traitement

### **1) STATION DE PRETRAITEMENT :**

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 des 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 trois (3) grilles et un dégrilleur
- Une station de relevage équipée de trois (3) vis d'Archimède
- Deux (2) dessableurs
- Un (1) répartiteur mélangeur
- Trois (3) débourbeurs
- Une bêche de 1600 m<sup>3</sup>.

#### **1.1 Le dégrilleur :**

Se place à l'entrée de la station ou se trouvent les installations de prélèvement de l'eau brute. C'est une grille métallique à commande automatique qui, par un mouvement de va et viens de bas vers le haut, permet, l'élimination des matières volumineuses (branches et tronc d'arbre, herbes mortes, algues...etc.).

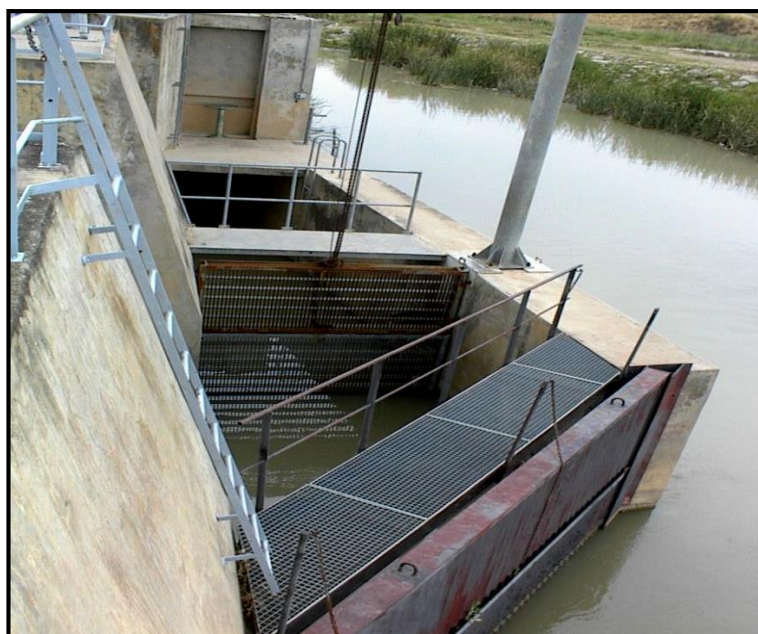


Fig1.Dégrilleur

### **1.2 Station de relevage d'eau brute:**

Elle comprend 3 vis d'Archimède qui relèvent l'eau de la cote minimale du plan d'eau de l'oued (188,8 m NGM) au niveau du déssableur (195,45 m NGM). Leur débit est de 750 l/s chacun.



Fig2.Vis d'Archimède

### **1.3 Déssableur :**

C'est un ouvrage qui permet l'élimination des particules denses de granulométrie supérieure à 200 $\mu$ m (sable, gravier..). C'est un premier traitement physique de l'eau brute. Le lavage des dessableurs se fait par ajout du débit d'une vis d'Archimède supplémentaire et ouverture des purges selon un niveau de sable défini.



Fig3.Déssableur

#### **1.4 Répartiteur (Mélangeur) :**

C'est un ouvrage constitué de quatre bacs équipé d'un mélangeur et de quatre vannes départs. C'est le point où on injecte le polyélectrolyte quand le taux des matières en suspension(MES) dépasse 2g/l

#### **1.5 Débourbeur :**

La station de prétraitement est constituée de trois débourbeurs

Le débourbeur est un ouvrage qui permet de décanter les floques formés par action du polyélectrolyte.

Chaque débourbeur est équipé d'un mélangeur, un racleur de boue et de deux motopompes d'évacuation de boue.



Fig4.Déboureur

## 2) STATION DE TRAITEMENT

### Constituer de :

- Un Ouvrage d'arrivée ;
- Un Répartiteur (Mélangeur) ;
- Six décanteurs dont trois sont des décanteurs à recyclage de boue (accelator) et les trois autres sont des décanteurs à racleur de boue ;
- 12 filtres à sable ;
- Un laboratoire de control de qualité ;

### 2.1 Ouvrage d'arrivée

Cet ouvrage permet de transformer l'énergie cinétique de l'eau de la station de prétraitement en une énergie potentielle permettant la circulation de l'eau dans la station de traitement.

Cette eau est répartie entre Six décanteurs par l'intermédiaire d'un ouvrage appelé répartiteur.

A la sortie de l'ouvrage d'arrivée se fait l'injection du sulfate d'alumine et la pré chloration



Fig5.Ouvrage d'arrivée

## **2.2 Répartiteur (Mélangeur) :**

C'est un ouvrage qui fait répartir l'eau brute sur les six décanteurs. Chaque départ vers un décanteur est équipé d'une vanne murale.



Fig6.Répartiteur

## **2.3 Décanteurs**

L'eau flocculée arrive aux décanteurs et par une opération de séparation mécanique les floccs formés au niveau de l'étape coagulation floculation sont sédimentés au fond du décanteur.

L'eau décantée est acheminée vers les filtres par l'intermédiaire des goulottes



Fig.7.Décanteur

## **2.4 Filtres**

Sont des filtres à sable d'une hauteur de 1 mètre par lesquelles passe l'eau et se débarrasse des floes non éliminés par la décantation, De manière à obtenir une turbidité de l'eau inférieure à 0,5 NTU (Unité de Turbidité Néphélogétrie).



Fig8.filtre à sable

## **2.5 Laboratoire**

Contrôle de la qualité des eaux susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation en eau potable ;

Contrôle de la conformité des eaux aux normes en vigueur ;

## *Chapitre II : Contrôle de la qualité de l'eau*

### **1) Analyse organoleptique**

#### **1.1 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.

#### **1.2 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).

#### **1.3 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**

#### **2.1 Température**

Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré.

#### **Mode opératoire**

On plonge le thermomètre à une distance suffisante de la surface de l'eau au moment du prélèvement pour que le gradient thermique soit nul ou négligeable.

## 2.2 Conductivité



Fig 10. Conductimetre

### Objectif

Mesurer la conductivité électrique de l'eau, c'est-à-dire sa capacité à transporter le courant électrique, soit sur le terrain, soit au laboratoire sur des échantillons d'eau prélevés.

### Principe

La conductivité électrique d'une eau dépend des substances dissoutes qu'elle contient, sa mesure permet d'évaluer la quantité totale de solides dissouts dans l'eau. elle correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1\text{cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de  $1\text{cm}$ , l'unité en micro siemens par centimètre  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).

- 50 à 400 → qualité excellente.
- 400 à 750 → bonne qualité.
- 750 à 1500 → qualité médiocre mais eau utilisable.
- >1500 → minéralisation excessive.

### Mesures

- Calibrer l'appareil avant la sortie sur le terrain en suivant les instructions du constructeur.
- Verser un échantillon de l'eau à tester dans un récipient adéquat.
- Plonger l'électrode dans l'échantillon d'eau, lire la valeur de la conductivité lorsque la valeur affichée est stable.
- Faire plusieurs mesures sur des échantillons différents du même site en rinçant la sonde à l'eau distillée après chaque mesure.



## 2.3 pH



Fig11.pH mètre

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est fonction de l'activité des ions hydrogènes  $H^+$  présents dans cette eau. Dans les eaux naturelles cette activité est due à des causes diverses en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels. Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles. Il diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'étiage, lorsque l'évaporation est importante.

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions  $H^+$  de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie.

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

Tableau 1 : classification des eaux d'après leur pH

## 2.4 Turbidité



Fig12 .turbidimètre

### **Définition :**

La turbidité est une expression des propriétés optiques d'une eau à absorber ou à diffuser de la lumière elle est due à la présence de matières en suspension finement divisées : argiles, plancton, microorganismes etc.

### **Prélèvement et conditionnement.**

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

### **Mode opératoire**

- remplir une cuve de mesure propre avec l'échantillon bien homogénéiser et effectuer rapidement la mesure après avoir bien essuyé les parois et le fond de la cuve ;
- s assurer de l'absence des bulles d'air avant la mesure ;
- éviter de toucher la cuve avec la main ;

### **Expression des résultats**

Exprimer les résultats en unités NTU

## 2.5 Détermination (TA)et( TAC)

### Définition

Ces deux valeurs permettent de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenues dans l'eau

Le titre alcalimétrique (TA) d'une eau permet de connaître sa concentration en ions carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et en ions hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ).

le titre alcalimétrique complet (TAC) d'une eau, on additionne le taux d'ions hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

### Mode opératoire pour déterminée le TA

Prélever 100ml d'échantillon et le mettre dans un erlenmeyer de 250ml, ajouter 2 gouttes de phénolphaléine, agiter, si aucune coloration rose ne se développe le (TA) est nulle (c'est en général le cas pour les eaux naturelles dont le  $\text{pH} < 8.3$ ). si une coloration rose est obtenue, titrer avec de l'acide chlorhydrique 0.1N jusqu'à la disparition de la couleur rose. Soit  $V_1$  le volume versé.

Réactions chimiques :



### Calcul et expression des résultats TA

$$\text{TA} = \frac{C_{(\text{HCl})} \times V_1 \times 1000}{V}$$

TA : titre alcalimétrique exprimé en meq/l

$C_{(\text{HCl})}$  : la concentration, exprimé en moles par litre, de la solution d'acide chlorhydrique

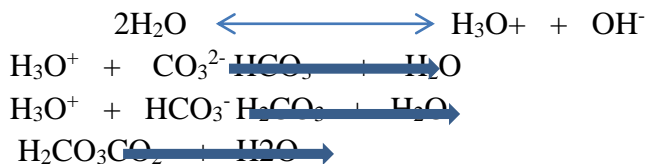
$V_1$  : le volume, en millilitre de la solution de HCl consommée pour atteindre un pH de 8,3

$V$  : le volume en millilitre, de la prise d'essai (100 ml)

### Mode opératoire pour déterminée le TAC

Ajouter 2 gouttes de solution hélianthine à la solution sur laquelle a été déterminée le (TA). continuer à titrer avec la solution d'acide chlorhydrique jusqu'au changement de couleur du jaune au jaune orangé. Soit  $V_2$  le volume total versé.

Réactions chimiques :



### Calcul expression des résultats du TAC

$$\text{TAC} = \frac{C_{(\text{HCl})} \times V_2 \times 1000}{V}$$

TAC : titre alcalimétrique exprimé en meq/l

V<sub>2</sub> : le volume, en millilitre de la solution de HCl consommée pour atteindre un pH de 4.5

## **2.6 titre hydrotimétrique (TH)**

### **Définition**

La dureté totale d'une eau est la concentration totale en ions calcium, magnésium et autres cations bivalents et trivalents dans cette eau.

### **Principe de la méthode**

Le calcium et le magnésium présents dans l'eau sont complexés par l'EDTA (0.02M). 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.

### **Mode opératoire**

A 100 ml d'eau à analyser, ajouter 5ml de solution tampon. Une petite spatule d'indicateur de noir ériochrome et titrer au moyen de la solution complexométrique jusqu'au virage du rouge au bleu.

### **Expression des résultats**

La dureté totale exprimée en meq/l est donnée par la formule :

$$\text{TH} = V_1 \times 0.4$$

V<sub>1</sub> : volume en millilitre de la solution de (EDTA) à 0.02M.

## **2.7 Dureté calcique**

## Définition

La dureté calcique d'une eau est la concentration en ions calcium dans cette eau

## Principe de la méthode

L'acidecalconecarboxylique est utilisé comme indicateur pour le dosage du calcium .le magnésium est précipité lors du dosage sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas.

## Mode opératoire

A 100 ml d'eau à analyser ajouter 5 ml de la solution de soude, une petite spatule d'indicateur calconne et titrer au moyen de la solution (EDTA 0.02M) jusqu'au virage du rose au bleu royal.

## Expression des résultats

La concentration ion  $\text{Ca}^{2+}$  exprimée en mg/l et donné par la formule :

$$C(\text{ca}^{2+})=v1 * 8$$

$V_1$  : volume en millilitre de la solution de (EDTA) à 0.02M

## 2.8 OXYDABILITE

### DEFINITION

L'indice permanganate d'une eau correspond à la quantité d'oxygène exprimée en milligrammes par litre cédée par l'ion permanganate ( $\text{MnO}_4^-$ ) et consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau.

### Principes

Oxydation, par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à ébullition (13 min), des matières oxydables contenues dans l'échantillon.

Réduction du permanganate de potassium par de l'oxalate de sodium et titrage en retour de l'excès d'oxalate de sodium par le permanganate de potassium.

### Mode opératoire

Prélever 100 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 250ml.

Ajouter 2ml d'acide sulfurique concentré et quelque bille de verre (pour régulariser l'ébullition)

Porter à ébullition douce .ajouter 10ml de la solution de permanganate de potassium(N/100) et laisser à ébullition pendant exactement 13 min .ajouter 1ml de la solution d'oxalate de sodium(N/10)et attendre la décoloration .titrer après décoloration pendant que la solution est encore chaude, avec la solution de permanganate de potassium (N/100) jusqu'à apparition d'une coloration rose persistante

Réactions du dosage :



### Expression des résultats et calcul

L'indice permanganate (I) de l'échantillon exprimé en milligramme d'oxygène par litre est donné par l'expression suivante

$$I = T_b \times 0.8 \text{ en mg/l}$$

Remarque : L'oxydabilité doit être inférieure à 2 mg/l pour une eau destinée à l'alimentation humaine.

## 2.9 Détermination du bore par spectrométrie UV

## Introduction

La concentration en bore naturel des eaux souterraines et des eaux superficielles est faible. Du fait que les composés de borate sont des ingrédients de produit de lavage domestique. La teneur en borate des eaux superficielles peut être augmentée de façon significative du fait des rejets des eaux usées.

## Principe

En milieu tamponné, le bore donne avec l'azomethine H un complexe jaune caractéristique dont l'intensité est mesurée au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm avec une cuve de trajet optique de 10mm.

## Dosage

Transférer 4ml de l'échantillon dans un flacon en polyéthylène .ajouter 1 ml de la solution tampon et 1 ml du réactif de l'azomethine-H. Mélanger et laisser reposer pendant 2h à l'obscurité et à température ambiante ; ensuite mesurer l'absorbance à l'absorption maximale à la longueur d'onde 420 nm, contre de l'eau distillée, dans une cuve de parcours optique de 10mm en utilisant le spectromètre UV.

## Calcul et expression des résultats

Les résultats sont obtenus à partir de la courbe d'étalonnage tracée directement par le spectrophotomètre

Les résultats sont exprimés en mg/l

Remarque : la concentration en bore doit être inférieure à 0.5 mg/l pour une eau destinée à l'alimentation humaine.

## **3) DEMANDE EN CHLORE:**

Le but est de déterminer la quantité optimale du chlore qu'il faut injecter à la préchloration de l'eau brute dans le but de :

-limiter La prolifération des bactéries et des algues.

-Enlever les odeurs et contrôle la croissance biologique partout dans le système de traitement.

-oxyder aussi le fer, le manganèse et /ou le sulfure d'hydrogène présents lors du processus de sédimentation.

Remarque : Tout d'abord, on détermine la concentration du chlore présent dans l'eau de javel

### **3.1 principe**

Lorsque le chlore est introduit dans l'eau, une première réaction instantanée se produit entre le l'acide hypochloreux HOCl et la matière organique présente dans l'eau pour donner les chloramines

Lorsque la matière organique est épuisée, la formation du chlore libre commence.

### **3.2 Mode opératoire**

Dans un erlenmeyer, on introduit :

1 ml de l'eau de javel (NaOCl, NaCl) ;

10 ml de solution d'iodure de potassium (KI à 10%) ; on obtient une coloration brune caractéristique de l'iode(I<sub>2</sub>) ;

10 ml de solution d'acide acétique (CH<sub>3</sub>COOH) 9N ;

Enfin, on titre par une solution de thiosulfate de sodium Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (N/10) jusqu'à décoloration

### **3.3 Interprétation**

En milieu acide (CH<sub>3</sub>COOH) l'eau de javel (NaCl ;NaOCl) est décomposé en libérant le chlore (Cl<sub>2</sub>) selon la réaction suivante :





Le (Cl<sub>2</sub>) réagi avec (KI) et libère l'iode (I<sub>2</sub>) qui se caractérise par une coloration brune selon la réaction suivante :



On titre avec le thiosulfate de sodium Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (N/10) qui réduit l'iode I<sub>2</sub> en I<sup>-</sup> ce qui explique la disparition de la couleur brune selon la réaction suivante :



### Expression des résultats

Le titre de l'eau de javel est donné par la relation :

$$[\text{Cl}_2] = \text{Tb} \times 3.55 \text{ (g/l)}$$

Tb : est le volume (ml) de thiosulfate de sodium (N/10) au point d'équivalence.

Pour déterminer le (break point) on procède de la façon suivante :

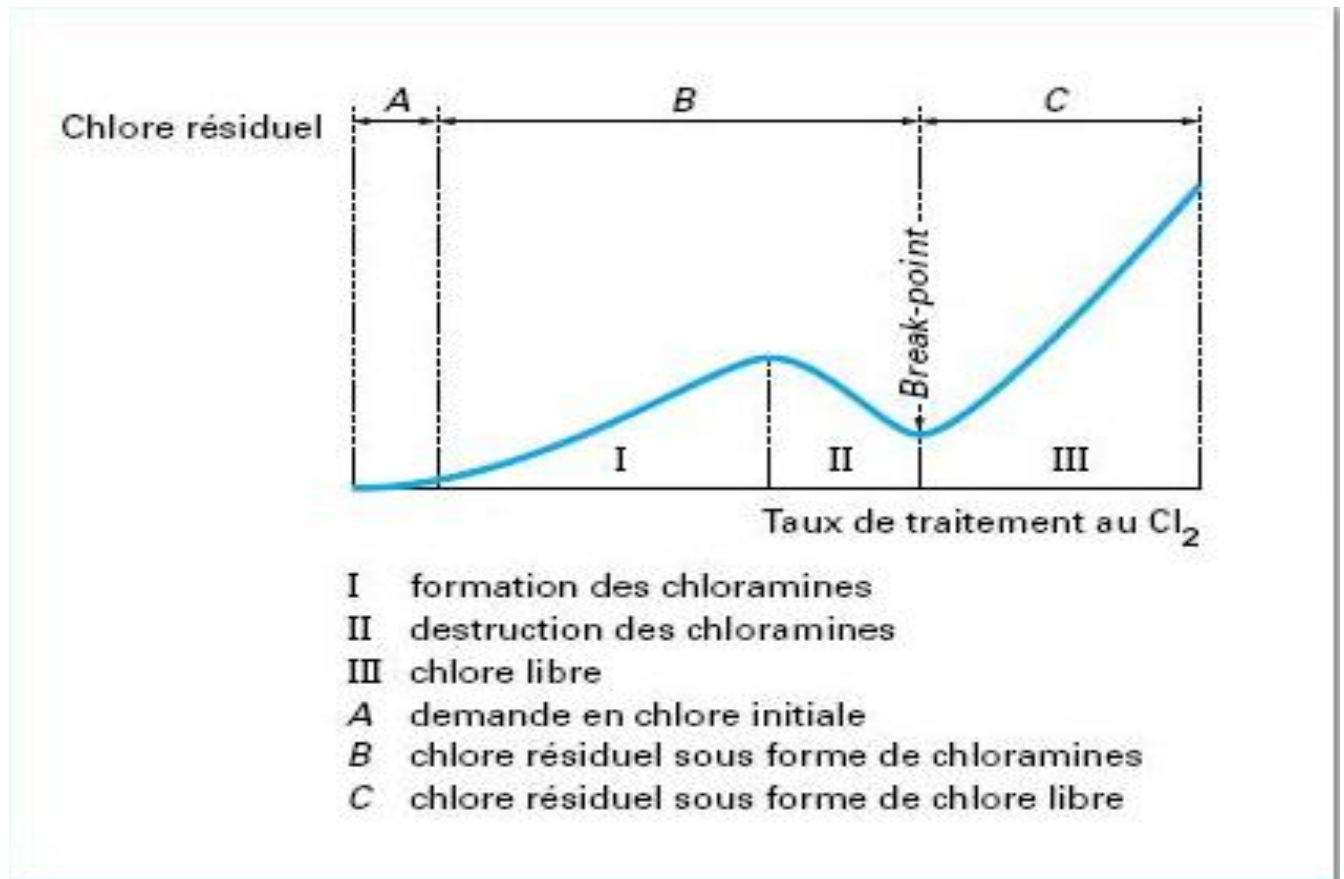
après avoir déterminé la concentration du chlore dans l'eau de javel on prépare une solution de l'eau de javel de concentration (0.1g/l)

on prend 12 flacon de verre où on introduit 100ml d'eau à analyser Puis on ajoute des quantités de chlore croissantes comme le montre le tableau suivant :

Echantillon	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

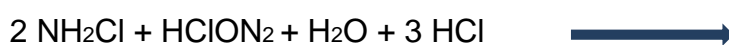
On laisse les flacons à l'obscurité pendant 30 minutes (temps de contact) après les avoir bouchés et agités.

Après 30 minutes on dose le chlore résiduel avec un comparateur par introduction de Réactifs colorimétriques (DPD : Diéthyle-para-Phenylène Diamine).  
On trace la courbe du chlore résiduel en fonction du chlore injecté. :



### 3.4 Interprétation de la courbe

- Dans une première étape a lieu l'oxydation de substances réductrices, spécialement inorganiques: Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, H<sub>2</sub>S,... Tout l'hypochlorite qu'on ajoute est consommé, ceci fait qu'il n'y ait pas de chlore disponible.
- Quand ces substances ont été détruites, il commencerait une étape dans laquelle se formeraient les composés chlorés, principalement les chloramines, qui agiraient comme chlore résiduel, ce qui donnerait un certain caractère désinfectant au système.
- Quand tout l'ammoniac et les amines organiques ont réagi au chlore, après le sommet de la courbe, il commence une étape de destruction de ces composés chlorés formés dans l'étape antérieure. Encore qu'on y ajoute du chlore, il n'y a pas un accroissement de la quantité de chlore disponible, bien au contraire on observe une diminution, car l'on consomme tant le chlore résiduel qui avait été formé, comme l'hypochlorite ajouté. Dans l'équation suivante on peut observer cet effet:

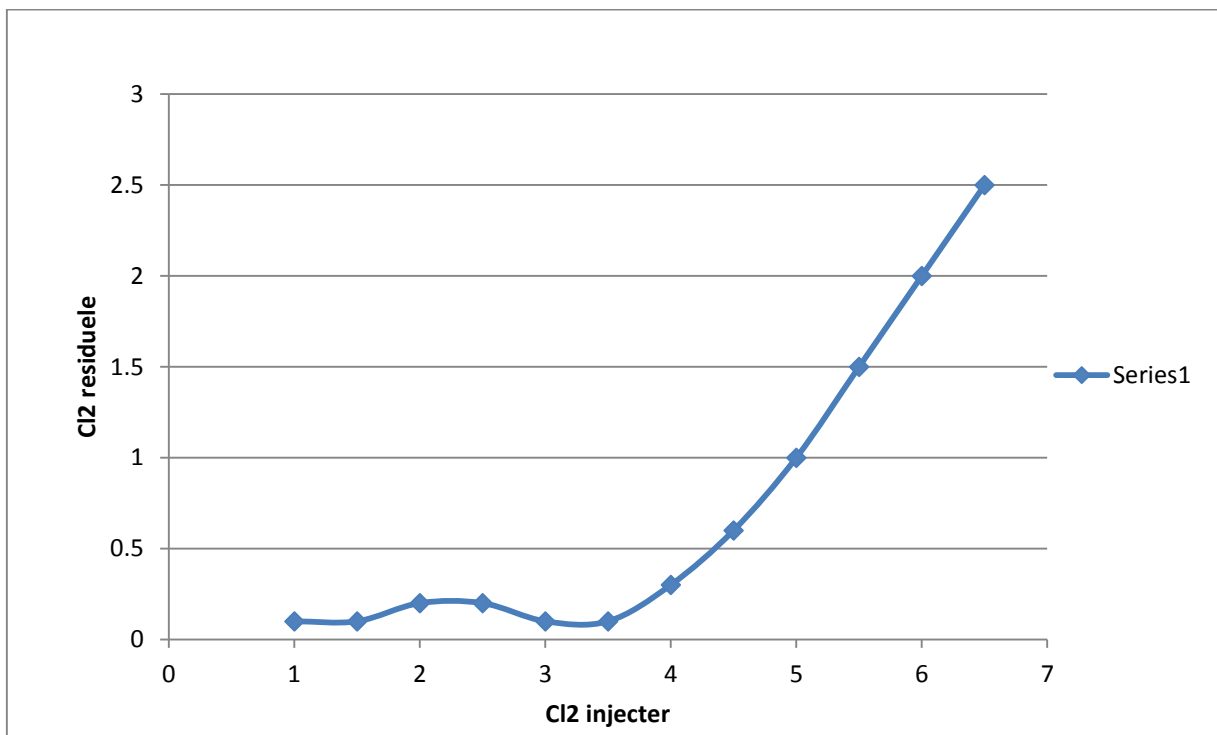


Le (Break point) est un point de changement de l'allure de la courbe appelé point critique, il est atteint lorsque tous les chloramines sont détruite. Au-delà de ce point, le chlore ajouté est

du chlore libre efficace pour la désinfection et qui croit à la même allure que les doses de chlore appliquées.

### Exemple de demande en chlore de l'eau de oued Sebou

Echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cl <sub>2</sub> injecte En mg/l	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5
Cl <sub>2</sub> résiduel	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.6	1	1.5	2	2.5

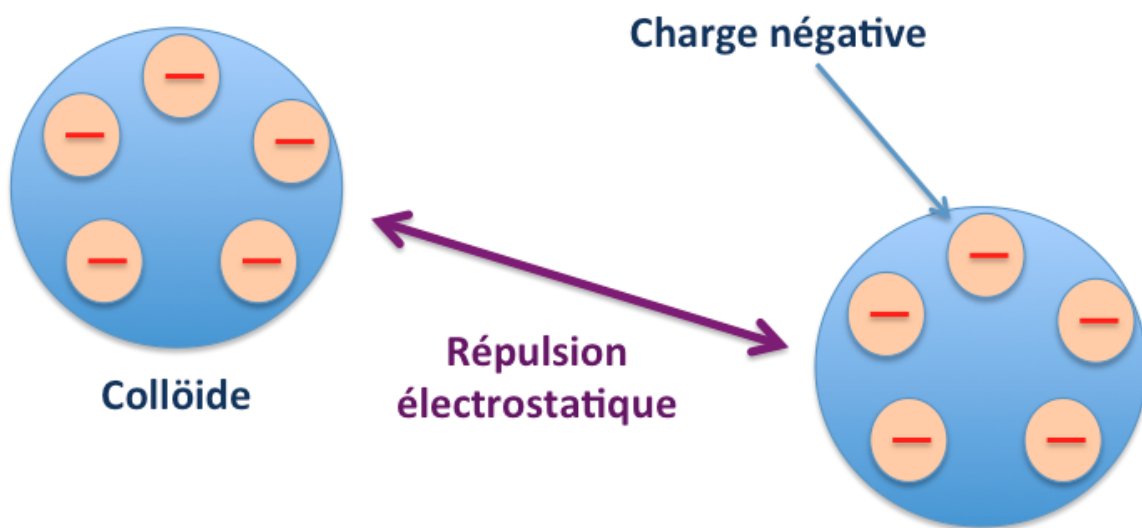


Dans ce cas le Break-pion est 3.5 mg/l

## 1) Coagulation –floculation

La coagulation-floculation est un procédé de traitement physico-chimique de l'eau qui consiste à ajouter des réactifs chimiques ( $\text{Cl}_2$ , coagulant floculant, chaux, acide sulfurique, charbon actif) à l'eau brute pour éliminer les colloïdes présents dans cette dernière.

Les colloïdes : très petites particules, peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, du fait de leur charge négative se repoussent très fortement, c'est pourquoi les colloïdes sont très stables et n'ont pas tendance à s'accrocher les uns aux autres et inhibent toute agglomération.



Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation :

### 1.1 Coagulation :

A pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques.

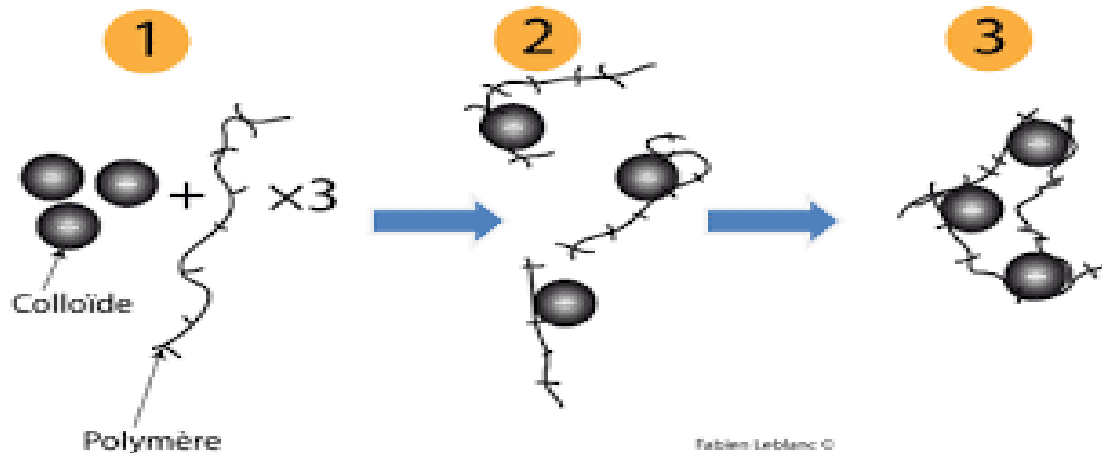
Le coagulant le plus utilisé dans le monde est.

Le Sulfate d'aluminium  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$  qui réagit dans l'eau selon la réaction suivante :



## 1.2 Floculation :

apour but de favoriser, à l'aide de l'ajout d'un poly électrolyte et d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on pourra être facilement éliminé par décantation



## 2) Jar test

### 2.1 Le but :

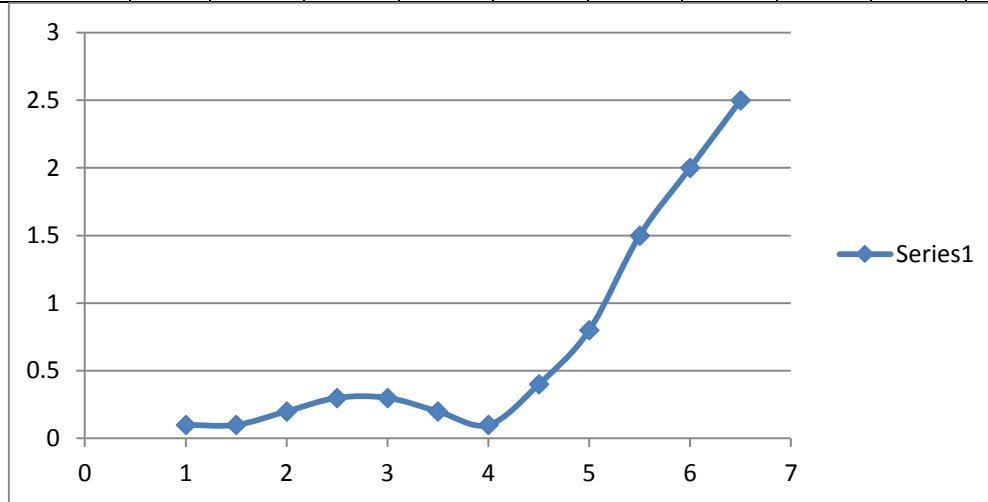
est de déterminer la quantité optimale des réactifs (sulfate d'alumine, polyélectrolyte) qu'il faut injecter à l'eau brute pour avoir une bonne coagulation floculation.

Il consiste en une rangée de béchers alignés sous un appareillage permettant de tous les agiter à la même vitesse. Les différents béchers ont reçu une dose différente de réactifs et à la fin de l'expérience, on détermine quels sont les couples quantités de réactifs et temps d'agitation qui permettent d'obtenir l'eau la plus limpide, les floes les plus gros et les mieux décantés. Concernant les vitesses d'agitation, la seule certitude est que la coagulation nécessite une vitesse d'agitation plutôt rapide (afin de bien mélanger l'eau et que les colloïdes et les cations métalliques se rencontrent et se neutralisent) et que la floculation - quant à elle - nécessite une vitesse relativement lente (afin de favoriser la rencontre et l'agrégation des colloïdes mais sans détruire les floes déjà formés)

## Détermination du taux de Cl<sub>2</sub> :

Pour déterminer la quantité de l'eau de javel qu'il faut injecter pour avoir une bonne prechloration on fait une demande en chlore par la méthode du Berck Point

Echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cl <sub>2</sub> injecte En mg/l	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5
Cl <sub>2</sub> résiduel	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.8	1.5	2	2.5



Dans ce cas la dose optimale pour une bonne prechloration est 4 mg/l

## 2.2 Mode opératoire

On aligne 6 béchers dans lesquelles on a versé 1l d'eau brute et on les place dans l'appareil de floculation ;

-On ajoute aux béchers la dose de Cl<sub>2</sub> déjà déterminée d'après la courbe de demande en chlore (4mg/l), dans notre cas on va ajouter 4 ml d'une solution de l'eau de javel de concentration 1mg/l ;

-En mettant en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tr/min On ajoute rapidement le coagulant (sulfate d'alumine) et on laisse agiter pendant 2 minutes ;

- Ensuite on diminue l'agitation à 40 tr/min Puis on ajoute le floculent (poly électrolyte) et on laisse agité pendant 20 minutes ;

-On note le délai d'apparition du floc (en minutes et en seconde) à partir du début de l'agitation lente.

-On laisse décanter pendant 30 minutes ;

Après décantation, l'aspect des floes est noté par :

- 0 – pas de floc.
- 2 – légère opalescence.
- 4 – petits points.
- 6 – floccs de dimensions moyennes.
- 8 – bon floc.
- 10 – excellent.

On regarde s'il reste des floccs en suspension ;

- On détermine le pH, la turbidité, l'oxydabilité et le chlore résiduel de l'eau décantée ;

- On passe le surnageant de chacun des béchers sur du papier filtre bande blanche ;

Cette filtration donne des résultats comparables à ceux obtenus par filtration sur sable.

- On détermine la turbidité et l'alcalinité de chaque échantillon (eau filtrée)

### **2.3 Critères de choix des doses optimales**

L'objectif de la coagulation-floculation est de déterminer les conditions optimales pour

Avoir une eau potable qui présente les caractéristiques suivantes :

-Taille des floccs supérieure à 6 (taille de floccs moyenne) ;

-Turbidité de l'eau décantée inférieure à 5 NTU ;

-Turbidité filtrée inférieure à 0.5 NTU ;

-pH de floculation entre 7.00 et 7.40 ;

-Quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières oxydables contenues dans

l'eau doit être inférieure à 2 mg/l ;

-Concentration de l'aluminium inférieure à 0.2 mg/l.

### **2.4 Résultats**

Avant de faire chaque essai, on doit effectuer des analyses physico-chimiques sur l'eau brute

Essais Analyses	ESSAI1	ESSAI2
pH	7.98	8.1
Température en °C	24	24.5
T.A en mé/l	0.10	0.1
T.A.C en mé/l	5.70	5.8
Oxydabilité mg/l de O <sub>2</sub>	1.84	2
Turbidité en N.T.U	53.5	55

### Essai .1 : optimisation du coagulant

On fixe la quantité du flocculant et on varie la quantité du coagulant

#### ➤ Résultats

Dosage en mg/l	I	II	III	IV	V	VI
pré chloration	4	4	4	4	4	4
Coagulant	10	20	30	40	50	60
Flocculant	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Observation après décantation



Echantillon	I	II	III	IV	V	VI
pH	7.72	7.68	7.56	7.50	7.40	7.30
Oxydabilité en mg/l	1.68	1.6	1.6	1.28	1.2	1.2
Turbidité NTU	2.3	2.1	1.68	1.54	1.30	1.20
Chlore résiduelle en mg/l	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8
Aspect du floc	04	04	06	06	08	08

après filtration.

Echantillon	I	II	III	IV	V	VI
turbidité en NTU	2.00	1.2	0.60	0.40	0.30	0.35
T.A.C	5.5	5.4	5.4	5.3	5.2	5.1

### Interprétation des résultats :

D'après les résultats obtenus on constate que les béchers à choisir sont les béchers de numéros 5(50mg/l) et 6(60mg/l)

- Aspect des floccs >6
- Turbidité décantée<5
- Turbidité filtré<0.5
- pH entre 7 et 7.40
- oxydabilité<0.2mg/l

On choisit le bécher n°5 car la concentration du sulfate d'alumine est inférieure à celle qui se trouve dans le bécher n°6 (Question du coût)

## Essai 2 : optimisation du flocculant

On fixe la quantité du coagulant et on varie la quantité du flocculant.

### ➤ Résultats

Dosage en mg/l	I	II	III	IV	V	VI
pré chloration	4	4	4	4	4	4
Coagulant	50	50	50	50	50	50
Flocculant	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3

Observation après décantation

Echantillon	I	II	III	IV	V	VI
pH	7.49	7.38	7.40	7.42	7.50	7.50
Oxydabilité en mg/l	1.68	0.88	1.25			
Turbidité NTU	2.53	1.09	0.95	1.01	0.97	0.85
Chlore résiduelle en mg/l	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4
Aspect du floc	06	08	08	08	08	08

Observation après filtration :

Echantillon	I	II	III	IV	V	VI
Turbidité en NTU	0.46	0.34	0.37	0.38	0.5	0.54
T.A.C en mé/l	5.4	5.1	5.1	5.00	5.1	5.3

### Interprétation des résultats

Le béccher à choisir est le béccher n°2 car tous les critères du choix sont vérifiées en plus la quantité du polymère injecté est faible (0.1mg/l)

On pourra aussi choisir le béccher n°1 mais il présente un pH supérieure à 7.40

## Conclusion

Le stage que j'ai effectuée à l'ONEE BE était très bénéfique pour moi car j'ai fréquenté un domaine industriel nouveau pour moi, j'ai pu exploiter mes connaissances théoriques acquises durant mon cursus universitaire dans la pratique et d'acquérir la capacité de s'adapter et réagir aux différentes situations et problèmes.

Dans ce travail de projet de fin d'étude, nous avons essayé d'optimiser certaines conditions d'essais de coagulation-floculation vu son intérêt au cours du traitement de l'état brute jusqu'au produit fini. Les résultats obtenus montrent une conformité aux normes et aussi avec ceux de la station de traitement.

Enfin, je tiens à exprimer ma satisfaction d'avoir pu travailler dans de bonnes conditions matérielles et un environnement agréable.

# Référence bibliographique

Document interne de l'ONEP

- EL BALGHMI I., Optimisation des conditions de l'essai de floculation (Jar-test), (2012/2013), mémoire de fin d'études, Licence GC, Faculté des Sciences et Techniques Fès
- HAJIB S., Essais de coagulation-floculation (Jar-test), (2012/2013), mémoire de fin d'études, Licence TACCQ, Faculté des Sciences et techniques Fès