UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
Département de chimie

Licence Es-Sciences et Techniques (LST)

TECHNIQUES D'ANALYSE ET CONTROLE DE QUALITE (TACQ)

PROJET DE FIN D'ETUDES

LES ETAPES DE TRAITEMENT DES EAUX AU SEIN DE L'ONEE/BE

COAGULATION-FLOCULATION

Présentée par :

- **HALMAOUI Laila**

Encadré par :

- **Mr. HAMDANI Driss (ONEE/BE Fés)**
- **Pr. SQALLI Ouafae (FST)**

Soutenu Le 17 Juin 2015 devant le jury composé de:

- **Pr. SQALLI Ouafae**
- **Pr. BALI Hamza**
- **Pr. A.BENTAMA**

Stage effectué à L'ONEE/BE

Année Universitaire 2014 / 2015

Remerciement

Avant d'élaborer ce rapport je tiens tout d'abord à rendre
Hommage à toutes les personnes qui travaillent à ONEE/BE
pour l'aide qu'elles
M'ont témoignée le long de mon stage
En particulier, je tiens à remercier :
Monsieur le directeur de l'ONEE/BE
Monsieur le chef de service contrôle de la qualité: Mr Driss Bentassil
Mon encadrant de stage à l'ONEE/BE
DRISS HAMDANI
Mes remerciements s'adressent également à tous les professeurs de la FST Fès
En particulier, je tiens à remercier
Mon encadrante de stage à la FST
SQALLI OUAFAE
Et les membres du jury :

Pr. BALI HAMZA

Pr. A.BENTAMA

Sommaire

Introduction.....4

Présentation de l'ONEE/BE.....5

Chapitre1 : traitement de l'eau brute (oued Sebou)

I- Prétraitement de l'eau brute (oued Sebou)……..7

1- Dégrillage…….....7

2- Relevage……8

3- Dessablage…….....8

4- Mélangeur……..9

5- Débourbage…….....9

II-Traitement de l'eau brute.....9

1- Préchloration…….....9

2- Coagulation-floculation……...10

3- Décantation…….....10

4- Filtration……..10

1- Désinfection…….....11

Chapitre 2 : Contrôle de qualité de l'eau

I-Analyses physiques……13

1- Turbidité…….....13

2- Conductivité……13

3- Température……14

4- pH……14

II- Analyses chimiques…….....15

1- Oxydabilité……15

2- Détermination de l'alcalinité de l'eau……17

3- Dureté de l'eau ……..18

4- Détermination de chlore résiduel……20.

5- Demande en chlore……...21
a- Principe……..21
b- Détermination du titre de l'eau de javel……21
c- Mode opératoire……..22

Chapitre 3 : Jar Test Ou Essai de Floculation

I- Principe……...25
1- Coagulation……25
2- Floculation…….....26
II- Jar Test……...26
III- Résultats et interprétation…….....28

-Conclusion.....34

Référence bibliographique

Introduction

Beaucoup d'entre nous admettent que l'eau est un élément essentiel à la vie non seulement pour l'être humain mais aussi pour les animaux et les plantes. Sa rareté devient de plus en plus préoccupante avec l'augmentation de la demande urbaine aux années de sécheresse, la demande de l'industrie et à l'explosion démographique. Elle est présente sur la terre sous trois états : solide, liquide, gaz. Elle provient des précipitations atmosphériques ou/et après ruissellement sur le sol.

L'eau de précipitation chargée dans l'atmosphère de gaz carbonique, constitue un solvant remarquable. Elle contient en quantités diverses de grandes variétés de corps, provenant de l'érosion. L'eau peut se présenter sous les trois états suivants :

1- Etat de suspension qui regroupe les plus grosses particules ;

2- Etat colloïdal ;

3- Etat dissous des sels minéraux et des molécules organiques ;

Le traitement d'eau nécessite plusieurs opérations. En effet elle est captée, épurée et traitée afin d'éviter les épidémies d'une part et la corrosion des réseaux et organes de distributions d'autre part.

L'eau est considérée comme potable lorsqu'elle ne présente aucun danger à la santé, elle doit satisfaire à des normes de qualité.

Mon projet de fin d'étude est réalisé à l'**O**ffice **N**ational de l'**E**lectricité et de l'**E**au **P**otable **B**ranche **E**au (ONEE/BE). Mon travail consiste à :

- Suivre toutes les étapes du traitement de l'eau brute ;
- Faire les analyses physico-chimiques ;
- Optimiser l'opération de coagulation-floculation dans le but d'avoir une eau bien traitée et potable.

Présentation de L'O.N.E.E/BE:

I- Historique :

Sous le nom de REIP par Dahir en 1929 a été créé la Régie d'Exploitation Installation et Planification, puis REP (Régie d'Exploitation et Planification), et en fin sous le nom de l'ONEP en 1972. Et enfin en 2012 prend le nom de l'ONEE/BE .C'est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et de L'autonomie financière, l'ONEE/BE est l'organisme gouvernemental qui assure l'essentiel de la gestion de la ressource en eau potable et de sa production au Maroc.

II- Missions principales :

Les tâches principales sont **:**

- Production de l'eau potable ;
- Le contrôle de la qualité de l'eau ;
- Le suivie de l'efficacité du traitement ;

III- Description du lieu de stage :

Ce complexe de production est constitué de quatre stations :

- Station de prétraitement ;
- Station de pompage d'eau brute de l'Oued Sebou ;
- Station de traitement ;
- Station de pompage d'eau traitée vers réservoir Bab Hamra de la RADEEF.

Laboratoire régional de Fès :

Le laboratoire est doté d'un équipement moderne qui lui permet de procédé à la détermination de plusieurs paramètres. Ces déterminations sont réalisées sur des échantillons d'eaux (traitées, brutes).

Le laboratoire dispose de 5 salles

- Une salle pour les analyses physico-chimiques ;
- Une salle pour les analyses des paramètres par spectrométrie d'absorption moléculaire ;
- Une salle pour les analyses des paramètres par spectrométrie d'absorption atomique ;
- Une salle pour les analyses bactériologiques ;
- Une salle pour le nettoyage et lavage de la verrerie.

Chapitre I :
Traitement de l'eau brute

I- Prétraitement de l'eau d'oued Sebou

C'est un traitement préliminaire qui permet de réduire le taux de matière en suspension. La station de prétraitement est mise en service selon le taux des matières en suspension MES, s'il est inférieure à 2 g/l, l'eau brute est pompée directement vers la station de traitement si il est supérieur à 2 g/l l'eau passe d'abord par un prétraitement avant d'être pompée vers la station de traitement. Elle est constituée de:

-Une prise d'eau équipée de trois grilles et un dégrilleur ;

-Une station de relevage équipée de trois vis d'Archimède ;

-Deux dessaleurs ;

-Un répartiteur mélangeur ;

-Trois débourbeurs ;

1- Dégrillage

Le dégrillage (Figure1) a pour rôle de faire passer l'eau à travers des grilles qui retiennent les gros déchets et séparent les matières qui pourraient nuire à l'efficacité de l'eau. Il s'agit d'un système de protection de la station pour éviter un débouchage dans les différentes unités de l'installation.

Figure 1 : Opération de dégrillage dans la station de prétraitement

2- Relevage

Le relevage(Figure2) est assuré par trois vis d'Archimède qui permettent le pompage de l'eau de l'oued vers les dessableurs.

Figure 2 : Opération de relevage dans la station de prétraitement

3- Dessablage

Le dessableur (Figure3) sert à séparer le sable et les autres matières non dissoutes, par prédécantation.

Figure 3 : Opération de dessablage dans la station de prétraitement.

4- Mélangeur :

Le mélangeur assure à la fois le mélange de l'eau brute avec un polymère (polyéletrolyte) pour casser la stabilité colloïdale et augmenter la taille des particules contenues dans les eaux brutes ainsi la répartition de l'eau dans les débourbeurs.

5- Débourbage:

Il permet d'éliminer les boues et de supprimer les particules en suspension par décantation (Figure4).

Figure 4 : Opération de débourbage dans la station de prétraitement

II. Traitement De L'eau Brute dans la Station De Ain Nokbi

C'est la phase de traitement qui vient après les opérations de prétraitement qui permettent à l'eau d'être moins chargé en matières en suspension .La station comporte un ensemble d'ouvrage de traitement de l'eau brute. Elle comporte les étapes suivantes :

1- Préchloration

La Préchloration constitue la première étape de la clarification de l'eau brute elle permet:

- D'oxyder le fer et le manganèse contenu dans l'eau brute ;
- Une décoloration de l'eau ;
- Eliminer les mauvais goûts et odeurs :
- De détruire les micro-organismes et d'inhiber la croissance algale ;

2- Coagulation-floculation:

Les colloïdales (Figure 5) sont des particules de très faibles diamètre chargées électro négativement , ce qui leur confèrent une vitesse de sédimentation extrêmement faible on procède donc à une coagulation floculation pour les éliminer.

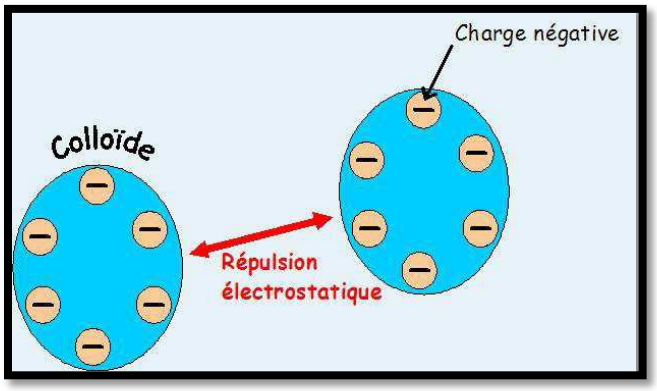

Figure 5 : Structure des colloïdales

- **Coagulation :** Cette opération a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension c'est-a-dire de faciliter leur agglomération pour la neutralisation des charges électrostatiques des particules colloïdales. En pratique ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide des produits chimiques.
- **Floculation :** la floculation a pour objectif de favoriser à l'aide d'un mélange lent le contact entre les particules déstabilisées, ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration.

3- Décantation

La décantation (Figure 6) est une phase très importante de traitement de l'eau pour récupérer une grande partie des flocs. Elle permet aux déchets de se déposer sous l'effet de la gravité.

Figure 6 : Opération de décantation dans la station de traitement

4- Filtration

La filtration (Figure 7) consiste à faire passer l'eau à travers un matériau poreux afin d'éliminer les matières en suspension restants. Le type de filtration le plus répandu est la filtration sur sable.

L'eau filtrer passe donc à travers le lit de sable et se débarrasse de flocs non éliminés par la décantation.

Figure 7 : Opération de filtration dans la station de traitement.

5- Désinfection

L'eau filtrée est stockée dans le réservoir principal d'une capacité de 30000 litres.

Concernant la qualité de l'eau, celle-ci est stérilisée par une chloration finale constituent une garantie supplémentaire pour sa potabilité, le chlore résiduel libre, doit être maintenu entre 0.5 et 1 mg/l à la sortie du réservoir.

Le chlore en tant que désinfectant a les principaux avantages suivants :

- Une bonne efficacité pour tuer ou inactiver les bactéries, les virus …
- Un pouvoir rémanent ;
- Un effet bactériologique ;
- Une grande facilité d'utilisation ;
- Un coût raisonnable.

Chapitre II : Contrôle de qualité de l'eau

I- Analyses physiques

1- Turbidité

La turbidité (Figure 8) désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent. Elle est causée par des particules en suspension qui absorbent, diffusent et réfléchissent la lumière.

Son principe est basé sur la comparaison de l'intensité de la lumière diffracté par l'échantillon à celle de référence.

Figure 8 : Turbidimètre

2- Conductivité

La conductivité (Figure 9) 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 µS/cm.

Figure 9 : Conductimètre

3- Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle ci joue un rôle dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique , dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau.

4- Ph

C'est un indicateur de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau ; C'est l'un des paramètres opérationnels de la qualité de l'eau. Le pH (Figure 10) est lié à la nature géologique des terrains traversés. Les valeurs normales sont comprises entre 6,5 et 8,5. En dessous de 6, l'eau est corrosive et au-dessus de 8,5 il y a risque d'entartrage et de mauvaise efficacité du chlore.

Figure 10 : pH-mètre.

II- Analyses chimiques

1- L'oxydabilité

L'indice de permanganate d'une eau correspond à la quantité d'oxygène exprimée en mg/l cédée par l'ion permanganate et consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau.

Principe

L'oxydabilité consiste à oxyder les matières oxydables contenues dans l'échantillon par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à ébullition pendant 13 min.

- L'addition de l'acide oxalique permet la réduction de permanganate de potassium.

On procède à un titrage en retour par le permanganate de potassium.

Mode opératoire (Figure 11)

Dans un ballon on met 100ml d'eau à analyser, 2ml de l'acide sulfurique (H2SO4) concentré, 10ml de KMnO4 (N/100). Le ballon est ensuite chauffé à 100 °C pendant 13mn.
On ajoute après 1ml d'acide oxalique (H2C2O4) (N/10) et on titre avec le KMnO4 (N/100) jusqu'à l'apparition d'une faible couleur teinte rose.

Les réactions mises en jeu

$$5*(H_2C_2O_4 \leftrightarrow 2CO_2 + 2e^- + 2H^+)$$

$$2*(MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \leftrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O)$$

$$5H_2C_2O_4 + 2MnO_4^- + 6H^+ \rightarrow 10CO_2 + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

Echantillon à analyser
+KMnO4+H2SO4

On porte le mélange à
ébullition dans un bain marie

On ajoute 1ml d'acide oxalique

Décoloration

Dosage par KMnO4

Figure 11 : Mode opératoire de l'oxydabilité

Expression des résultats:

Oxydabilité (mg/l) = Tb x 0,8

Tb : volume versé de $KMnO_4$ (N/100)

2- Détermination de l'alcalinité de l'eau

TA, TAC deux valeurs qui permettent de connaitre les concentrations en bicarbonates, carbonates et hydroxydes.

L'alcalinité se mesure par la neutralisation d'un certain volume d'eau par une solution diluée d'un acide minéral, le point d'équivalence étant déterminé par des indicateurs colorés.

- La phénophtaléine pour le TA→ en fin du dosage on obtient une décoloration de la solution à pH =8.3
- L'hélianthine pour le TAC → en fin du dosage on obtient une coloration jaune orange à un pH= 4.3

a- Titrage alcalimétrique

Principe

Le TA dose la totalité des hydroxydes et la moitie des carbonates qui sont alors entièrement transformés en bicarbonates.

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), 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 la solution de HCl 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 sont:

$$OH^- + H_3O^+ \rightarrow 2H_2O$$

$$CO_3^{2-} + H_3O^+ \rightarrow HCO_3^- + H_2O$$

b- Titrage alcalimétrique complet

Principe

Le TAC correspond à la totalité des bicarbonates et des carbonates.

Mode opératoire

Pour déterminer le TAC, on utilise l'hélianthine (avec une zone de virage de 3.3 à 4.6), qu'on ajoute à100 ml d'échantillon pour donner une coloration jaune, ce qui nécessite un dosage par HCl (N/10), 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.

Les réactions mises en jeu sont :

$$OH^- + H_3O^+ \rightarrow 2H_2O$$

$$HCO_3^- + H_3O^+ \rightarrow H_2CO_3 + H_2O$$

$$CO_3^{2-} + 2H_3O^+ \rightarrow 2H_2O + H_2CO_3$$

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

3- Dureté de l'eau

a- Dureté totale

Définition :

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

Principe :

Les ions Ca^{2+}et Mg^{2+}présents dans l'eau sont complexés par l'acide éthylène diamine tétra Acétate (EDTA). Le noir d'ériochrome qui donne une couleur violette en présence des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} est utilisé comme indicateur pour la détermination de la dureté totale.

Mode opératoire :

On prend 100ml d'eau à analyser on ajoute 5 ml de la solution tampon (NH4+/NH3), une petite pincée d'indicateur de noir d'ériochrome. On dose au moyen de la solution complexométrique (EDTA) jusqu'au virage au bleu royal.

Remarque :

La solution tampon a pour rôle de tamponner le milieu c'est-à-dire éliminer les ions H^+ de l'EDTA et qui caractérisent le dosage acide base car on fait un titrage par formation de complexe.

Les réactions mises en jeu sont:

$$Ca^{2+} + H_4C_6N_2O_8^{4-} \rightarrow CaH_4C_6N_2O_8^{2-}$$
$$Mg^{2+} + H_4C_6N_2O_8^{4-} \rightarrow MgH_4C_6N_2O_8^{2-}$$

Expressions des résultats :

TH (méq/l) = Tb*0.4

Tb : Le volume versé d'EDTA

b- Dureté calcique

Définition :

C'est la teneur d'une eau en ion Ca2+ qui représente une part considérable du TH.

Mode opératoire :

On prend 100 ml de l'échantillon et on ajoute 5 ml de la solution tampon NaOH(2M) , une petite pincée d'indicateur de calcon, on obtient une couleur rose. Le titrage est effectué par l'EDTA (0,02 M) jusqu'au virage du rose au bleu royale.

Remarque :

L'addition de la soude a pour but de précipiter le Mg^{2+} sous forme $Mg(OH)_2$

La réaction mise en jeu est :

$$Mg^{2+} + 2OH^- \rightarrow Mg(OH)_2$$
$$Ca^{2+} + H_4C_6N_2O_8^{4-} \rightarrow CaH_4C_6N_2O_8^{2-}$$

Expressions des résultats :

TCa^{2+} (mg/l) = Tb x 8

4- Détermination de chlore résiduel

Définition :

Le chlore résiduel , suivant la valeur du pH peut être sous forme d 'acide hypochloreux ou hypochlorite ou les deux à la fois. Le chlore résiduel peut être aussi sous forme de dioxyde de chlore (ClO_2), quand ce dernier produit est utilisé pour la désinfection.

Les réactions mis en jeu:

$$H_2O + Cl_2 \rightarrow HOCl + HCl$$

$$HOCl + H_2O \rightarrow ClO^- + H_3O^+$$

Principe

Le chlore résiduel libre dans une eau traitée est déterminé par le test de DPD: DiéthylParaphénylène Diamine, indicateur d'essai au moyen d'un comparateur visuel.

Ce test consiste à ajouter un comprimé réactif à l'échantillon ce dernier donne une coloration qui sera ensuite comparée aux couleurs du comparateur (Figure 12).On détermine enfin la quantité du chlore résiduel présente dans l'eau en mg/l.

Figure 12 : comparateur

5- Demande en chlore

La désinfection de l'eau se fait par le chlore, sauf que la concentration de celui-ci doit être auparavant contrôlée et déterminée au laboratoire. En effet une concentration élevée rendrait le goût de l'eau désagréable et l'eau serait pathogène et peut nuire à la santé de l'homme, tandis qu'une quantité faible n'assurerait pas la stérilisation de l'eau.

a- principe

La demande en chlore (Figure 13) a pour rôle de connaître la quantité optimale de chlore qu'il faut injecter à la préchloration.

b- Détermination de la concentration réelle de l'eau de javel

Dans un erlenmeyer, on met 1ml d'eau de javel (NaCl, NaOCl), 10ml d'acide acétique CH3COOH (9N), et 10ml de solution d'iodure de potassium KI à10 %. On assiste alors au développement d'une coloration brune (I_2). Le titrage est effectué par le thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ (N/10) jusqu'à décoloration.

►En milieu acide, les hypochlorites (ClO^-) se décomposent avec un dégagement de chlore, ce dernier oxyde les iodures (I^-).

Les réactions mises en jeu sont :

$$(NaCl, NaOCl) + 2CH_3CO_2H \rightarrow 2CH_3CO_2Na + Cl_2 + H_2O$$

L'apparition de couleur brune est due à la présence d'I_2 selon les équations d'oxydoréduction suivante:

$$2I^- \leftrightarrow I_2 + 2e^-$$
$$\underline{Cl_2 + 2e^- \leftrightarrow 2Cl^-}$$

$$2I^- + Cl_2 \rightarrow I_2 + 2Cl^-$$

La disparition de couleur est due à la présence de l'ion I^-selon les équations d'oxydoréduction suivante :

$$I_2 + 2e^- \leftrightarrow 2I^-$$
$$2S_2O_3^{2-} \leftrightarrow S_4O_6^{2-} + 2e^-$$

La reaction global:

$$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$$

Expression des resultants:

$[Cl_2]$= Tb x 3, 55 g/l

Ensuite, on prépare deux solutions de concentrations différentes de l'eau de javel (1g/l) qu'on ajout dans les béchers (jar test) et (0.1g/l) qu'on utilise pour la demande en chlore.

c- Mode opératoire

- On prépare une série de flacons dans lesquels on introduit 100ml de l'eau brute et des volumes croissants bien déterminés de l'eau de javel à (0,1g/l),
- On met ces flacons à l'obscurité pendant 30 min,
- On fait la lecture de chlore résiduel en utilisant la DPD (DiéthylParaphénylène Diamine), au moyen d'un comparateur visuel,.
- On trace la courbe du chlore résiduel en fonction du chlore injecté

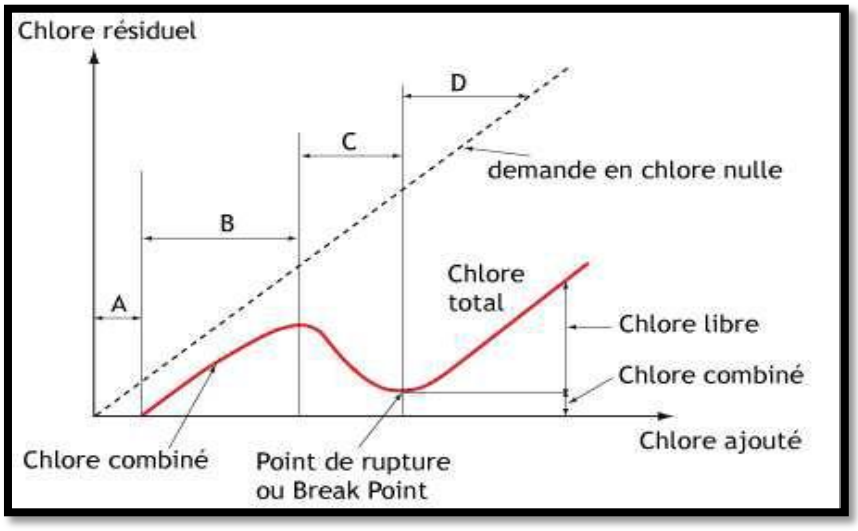

Figure 13 : Courbe de la demande en chlore (break point).

A : Destruction du chlore par les composés minéraux (Fer, Manganèse) ;

B : Formation de composés chlorés (chloramines) ;

C : Destruction des chloramines par ajout de chlore supplémentaire,

D : Production de chlore actif. Tout le chlore ajouté sera sous forme d'acide hypochloreux ;

Quand le chlore est introduit dans l'eau, il subit une hydrolyse rapide selon l'équation suivante :

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$$

Le même phénomène apparaît, lorsque le réactif est hypochlorite de sodium (eau de javel).

$$NaOCl + H_2O \rightarrow HOCl + NaOH$$

A partir d'une certaine valeur de pH, (voisine de 6), l'acide hypochloreux se dissocie en donnant l'ion hypochloreux.

$$HOCl + H_2O \rightarrow H3O^{+} + ClO^{-}$$

Chapitre III:
Jar test ou essai de coagulation-Floculation

Pendant toutes les étapes du traitement qui se déroulent au sein de la station, il est apparu que l'étape de **coagulation-floculation** est une étape clé dans la clarification de l'eau traitée car elle permet l'élimination des particules colloïdales qui sont responsables de la turbidité, le gout et odeur de l'eau.

I- Principe

Les colloïdes (Figure 5) sont des particules de très faible diamètre notamment responsables de la couleur et de la turbidité de l'eau de surface. En raison de leur très faible vitesse de sédimentation. Ils présentent un diamètre compris entre 1 µm à 1 nm. Leur rapport surface/volume leur confère des propriétés d'adsorption des ions présents dans l'eau. Ce phénomène permet d'expliquer la présence de charge électronique à leur surface. Ces dernières engendrant des forces de répulsions inter colloïdales. C'est pourquoi les colloïdes sont stables lors de leur mise en solution.

L'origine de ces colloïdes est diverse, ils peuvent provenir d'une dissolution de substances minérales, de l'érosion, de la décomposition des matières organiques et des déchets agricoles.

1- Coagulation :

La coagulation consiste à la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives en leurs fixant des cations, on utilise pour cela, de réactifs chimiques nommés coagulants.

La phase de coagulation est quasi instantanée et nécessite une agitation importante afin d'obtenir une homogénéisation du milieu.

Le Coagulant utilisé à l'ONEE/BE est le sulfate d'alumine car il présente plusieurs avantages tels que:

- ✓ Ne provoque pas la coloration de l'eau par oxydation ;
- ✓ Son coût qui est relativement plus bas que les autres coagulants ;

Ce coagulant est aussi utilisée car l'eau d'Oued Sebou n'est pas d'une très mauvaise qualité et ne contient pas beaucoup de matière organique à l'amont de la prise de la station de prétraitement.

2- Floculation :

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules forment un floc qu'on pourra facilement éliminer par décantation (schéma1).

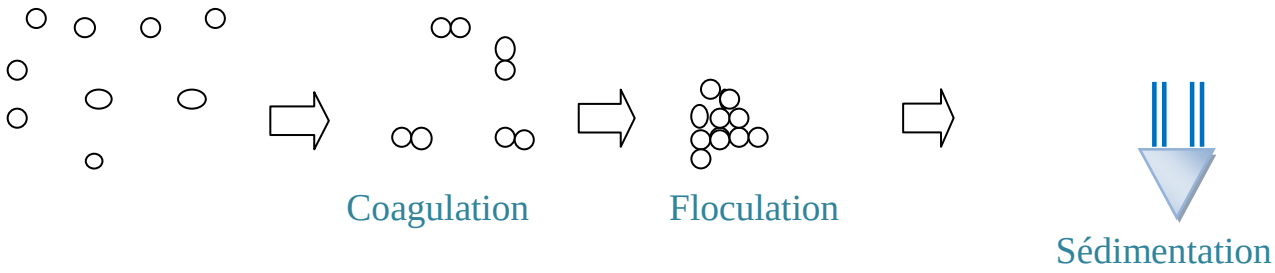

Schéma 1 : les étapes de coagulation, floculation et sédimentation

II- Jar Test

Principe:

Cette méthode nous permet de déterminer les doses optimales de chaque réactif à ajouter dans l'eau pour sa clarification.

Mode opératoire (Figure 14)

- On remplie 6 béchers par 1 litre d'eau brute,
- On injecte la quantité de chlore correspondant à la demande en chlore précédemment déterminée,
- On injecte en quantité croissante le coagulant (sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)_3$,$18H_2O$), avec une agitation de120 tours /min pendant 2 min.
- On ajoute 1 ml de floculant (0.1mg/l) (poly électrolyte) dans chaque bécher avec une vitesse de 40 tours /min pendant20 min,
- On note le délai d'apparition des flocs à partir du début de l'agitation lente,
- En fin d'agitation lente. On exprime l'aspect du floc par une note :

  0 : Pas de floc

  2 : Légère opalescence ;

4 : Petits point ;

6 : Floc de dimension moyenne ;

8 : Bon floc ;

- On relève les hélices et on laisse décanter pendant 30 min.

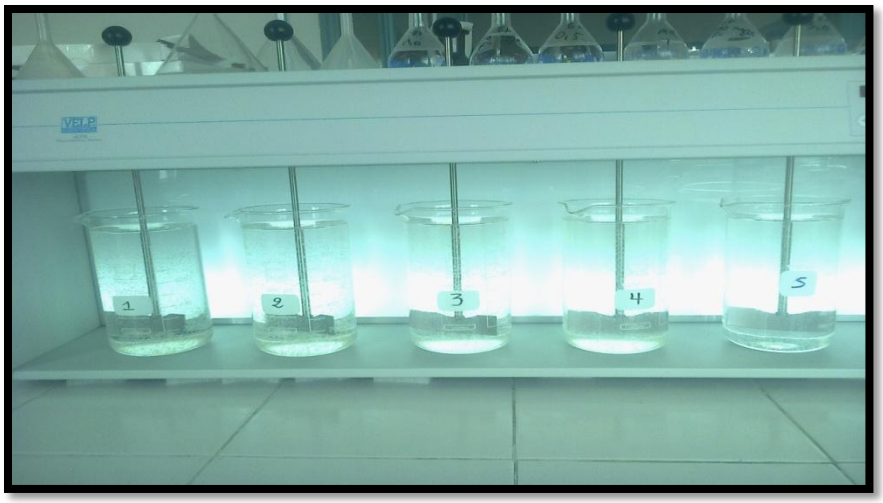

Figure14 : Appareil de jar test

Après décantation on détermine :

-la turbidité ;

-Le pH ;

-L'oxydabilité ;

-Le chlore résiduel ;

Après filtration sur filtre bande blanche. On détermine pour chaque bécher :
-La turbidité ;

- L'alcalinité ;

Critère de choix du meilleur bécher

L'objectif de la coagulation-floculation est de déterminer les conditions optimales pour avoir une eau potable qui présente les caractéristiques suivantes :

- Taille des flocs supérieure à 6 (taille de flocs 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 ;
- oxydabilité inférieur à 2mg/l ;

Avant d'entreprendre le jar-test, un certain nombre de paramètres doivent être effectuées sur l'eau brute :

- Le pH ;
- L'oxydabilité ;
- L'alcalinité(TAC) ;
- Turbidité ;
- Conductivité ;
- La demande en chlore ;
- T eau ;
- T Air ;

III- Résultats et interprétation

Essai de demande en chlore

Titrage d'eau de javel :

-1ml de l'eau de javel ;

-10ml de l'acide acétique (9N) ;

-10ml d'iodure de potassium (10%) ;

→Titrage par thiosulfate de sodium (N/10).

$$[Cl_2]=Tb \times 3.55$$

Tb = 6.2ml

Donc : $[Cl_2]$ = 22.01g/L

Mode opératoire (voir page 22)

Détermination du break-point :

N° de flacon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cl_2 injecté	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5
Cl_2 résiduel	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.6	0.8	1.5	2	2.5

Tableau 1 : Résultat de la demande en chlore.

.

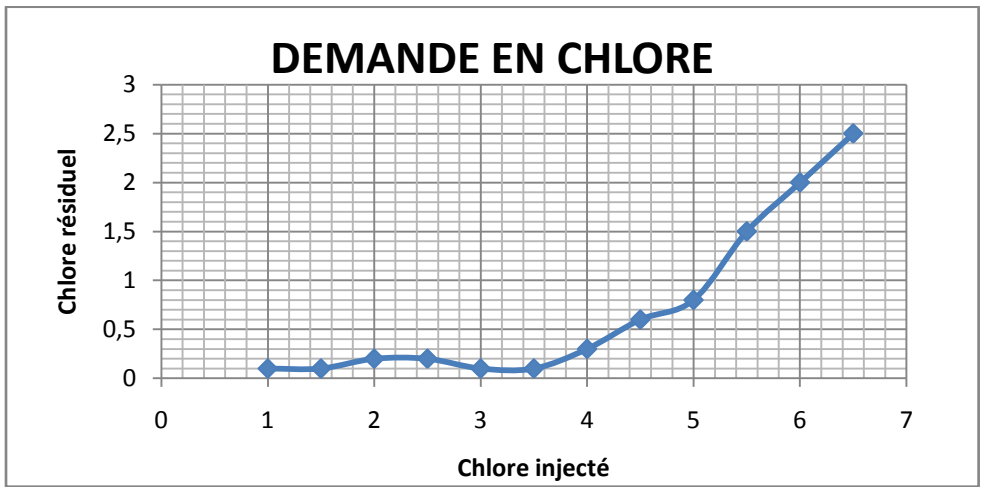

Figure15 : Courbe de la demande en chlore (break point).

La quantité qu'il faut injecter dans 100 ml d'eau est voisinage de 3.5 et 4 mg/l (break-point est 4).

Analyse de l'eau brute

L'eau brute subit des analyses physico-chimiques telle que, le pH, TAC, turbidité, oxydabilité et la conductivité avant d'effectuer le jar test.

Les résultats d'analyses des 3 prélèvements effectués sont représenté dans le tableau suivant :

	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3
pH	8.1	7.88	8.2
Conductivité (µS/cm)	1013	1084	1025
Turbidité (NTU)	27.2	22.4	27.8
Oxydabilité (mg/l)	2.12	3.12	2.60
TAC (méq/l)	5.86	5.80	5.84

Tableau 2 : Analyse physico-chimique de l'eau brute.

Essai de jar test

Essai 1 :

On ajoute des doses croissantes de sulfate d'alumine et une dose constante de floculant 0.1mg/l. Le tableau (3) regroupe l'aspect du floc, le pH, l'oxydabilité, la turbidité décantée, le chlore résiduel, la turbidité filtrée et le TAC de l'eau après le Jar test

bécher	1	2	3	4	5	6
Pré chloration en mg/l	4	4	4	4	4	4
Coagulant sulfate d'alumine en mg /l	10	20	30	40	50	60
Floculant polyéletrolyte en mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Délai d'apparition du floc en (s)	3	3	2	1	1	1
Aspect du floc	02	04	04	06	08	08
pH	7.83	7.75	7.63	7.54	7.40	7.36
Oxydabilité en mg/l d'O2 consommé	1.6	1.6	0.52	1.6	0.72	0.82
Turbidité décantée en NTU	1.91	1.99	1.78	1.63	1.44	1.30
Chlore résiduel en mg/l	2	2	2	2	2	1
Turbidité filtrée en NTU	0.99	0.73	0.56	0.49	0.39	0.34
TAC en méq/l	5.5	5.4	5.2	5.3	5.05	5.02

Tableau 3 : Optimisation de coagulant en présence d'une dose fixe de floculant

Interprétation

D'après le tableau (3) on conclue que les béchers N° 1, 2, 3 et 4 sont éliminés car leurs pH est supérieur à 7.4 et turbidité filtrée est supérieur à 0.5. Par contre les béchers N° 5 ,6 sont meilleurs car leur pH est inférieur à 7.40 et la turbidité filtrée est inférieur à 0.5.

Pour une optimisation de la consommation de sulfate d'alumine, on opte pour le bécher N° 5.

Essai 2 :

Pour déterminer la valeur optimal de floculant on fait des dose croissantes de poly électrolyte est une dose constante de sulfate d'alumine (50mg/l). Le tableau (4) regroupe l'aspect du floc, le pH, l'oxydabilité, la turbidité décantée, le chlore résiduel, la turbidité filtrée et le TAC de l'eau après le Jar test.

bécher	1	2	3	4	5	6
Pré chloration en mg/l	4	4	4	4	4	4
Coagulant sulfate d'alumine en mg/l	50	50	50	50	50	50
Floculant polyéletrolyte en mg/l	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.3
Délai d'apparition du floc en (s)	3	2	1	1	1	1
Aspect du floc	06	08	08	08	08	08
pH	7.36	7.37	7.39	7.40	7.38	7.41
Oxydabilité en mg/l d'O2 consommé	1.68	1.20	0.96	0.96	0.80	0.92
Turbidité en NTU décantée	2.88	2.26	1.86	1.84	1.78	1.51
Chlore résiduel en mg/l	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6
Turbidité filtrée en NTU	0.84	0.40	0.42	0.40	0.39	0.36
TAC en méq/l	5.3	5.1	5.2	5.2	5.1	5.18

Tableau 4 : Optimisation de floculant en présence d'une dose fixe de coagulant

Interprétation

Le bécher N°1 est éliminée car il ne respecte pas les critères du meilleur bécher, car sa turbidité filtrée est supérieur à 0.5. Les béchers N° 2, 3, 4, 5, 6 sont meilleurs, car l'aspect du floc supérieur à 06, la turbidité filtrée est inférieur à 0.5.

Ces béchers (N° 2, 3, 4, 5, 6) ne différent que par la quantité du polymère a ajouté. On opte pour le bécher N° 2, car la quantité du floculant est la plus faible. Cette quantité de 0.1 mg/l est acceptable pour la santé humaine.

Essai 3 :

Dans cet essai on va changer la vitesse de floculation pour déterminer l'effet de la vitesse. Le tableau (5) regroupe l'aspect du floc, le pH, l'oxydabilité, la turbidité décantée, le chlore résiduel, la turbidité filtrée et le TAC de l'eau après le Jar test.

bécher	1	2	3	4	5	6
Préchloration en mg/l	4	4	4	4	4	4
Coagulant sulfate d'alumine en mg/l	50	50	50	50	50	50
Floculant poly-électrolyte en mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Vitesse de floculation en tr/min	20	30	40	50	60	70
Aspect du floc	08	08	06	04	04	02
pH	7.40	7.38	7.39	7.37	7.35	7.40
Oxydabilité en mg/l d'O2 consommé	1.52	0.8	0.56	0.72	0.64	1.36
Turbidité décantée en NTU	1.35	1.53	1.99	2.33	2.65	2.97
Chlore résiduel en mg/l	1	1	0.8	0.8	1	0.7
Turbidité filtré en NTU	0.35	0.44	0.46	0.52	0.66	0.89
TAC en méq/l	5.2	5.1	5.2	5.2	5.1	5.3

Tableau 5 : Optimisation de la vitesse de floculation

Interprétation

Les béchers N°4, 5 et 6 sont éliminés car leur turbidité filtrée est supérieur à 0.5 et l'aspect de floc est inférieur à 06. Les béchers N° 1, 2 et 3 sont meilleurs, car leur turbidité filtrée est inférieur à 0.5, et l'aspect du floc est supérieur à 06.

- donc la meilleure vitesse de travail est située entre 20 tr/min et 40 tr/min.

Le fait d'augmenter la vitesse de floculation a conduit à produire des flocs fragiles qui se brisent facilement.

Conclusion des résultats

D'après les résultats précédents on peut dire que plus la dose de coagulant augmente plus le pH diminue, ceci est dû au fait que le coagulant consomme l'alcalinité de l'eau :

$$Al^{3+} + 3OH^{-} \rightarrow Al(OH)_3$$

La diminution des valeurs de turbidité est expliqué par le fait que le coagulant ajouté déstabilise les particules colloïdale et après l'ajout de floculant on a une agglomération des particules ce qui accélère la décantation de MES.

En générale les meilleures conditions de floculation sont :

- Coagulant 50 mg/l ;
- Floculant 0.1mg/l ;
- pH de floculation entre (7 et 7.40) en générale ;
- Vitesse d'agitation lente entre 20 et 40 tr/min ;

Quelques normes relatives à la qualité pour une eau destinée à la consommation humaine selon la norme marocaine 03.7.001:

Paramètres	**Valeurs maximales admissibles (VMA)***
Turbidité en NTU	5
Conductivité en µs/l	2700
Potentiel d'hydrogène (Ph)	6.5≤Ph≤8.5
Température en C°	Acceptable
Chlore résiduel en mg/l	Entre 0,1 et 1 mg/l la distribution 0.5 à 1mg/l à la production
L'oxydabilité en mg/l	<2mg/l

***Valeur Maximale Admissible**

Conclusion

Au cours de ce stage nous avons essayé d'optimiser certaines conditions d'essais de coagulation-floculation vu son intérêt au cours du traitement de l'eau brute jusqu'au produit fini.

Ainsi, mon stage de fin d'études effectué au sein de l'**O**ffice **N**ational de l'**E**lectricité et de l'**E**au **P**otable **B**ranche **E**au (ONEE/BE), m'a permis de mettre en pratique mes connaissances théoriques acquises durant ma formation universitaire.

J'espère avoir traité dans ce rapport les points essentiels concernant le fonctionnement du travail au sein de la station de traitement des eaux de l'Oued Sebou.

Bibliographie

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