

Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Optimisation des réactifs de processus coagulation-floculation par la méthode de jar-test

Présenté par :

◆ Mlle ZEGHARI Mina

Encadré par :

◆ Mme ANNOUH Fouzia (ONEE Fès)

◆ Pr. LAMCHARFI Elhadi (FST Fès)

Soutenu Le 09 Juin 2018 devant le jury composé de:

- Pr. SOUHA Hammou

- Pr. IHSSANE Bouchouaib

- Pr. LAMCHARFI Elhadi

Stage effectué à l'ONEE

Année Universitaire 2017 / 2018

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mon cher père et mère :

**Qui m'ont beaucoup soutenu et encouragé, ils symbolisent pour nous le sacrifice,
et la source d'où naît la lumière qui éclaire ma vie.**

Mes frères :

Acceptez les sentiments de l'affection et de l'amour fraternel que je vous dois.

Mes amis :

**Qui représentent pour moi tous le sens de la sincérité et de la fidélité,
et avec qui nous avons passé des moments inoubliables.**

Mes formateurs :

**Qui m'ont dirigé vers le chemin du succès, leur compréhension et leur conseil
m'ont permis de mieux apprécier la formation disposée au sein de la FST.**

A tous ceux qui m'aiment et me souhaitent le bonheur.

**Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et à
l'élaboration de ce rapport.**

Remerciement

Avant d'entamer le vif du rapport, je tiens à exprimer mes chaleureux remerciements à :

Monsieur le Directeur de l'ONEE -Branche Eau- qui a eu la bienveillance de m'accorder ce stage,

Mon encadrant de stage **Mme ANNOUH Fouzia** qui m'a facilité L'intégration ainsi pour son bienveillance durant mon stage.

Sans oublier les opérateurs du laboratoire pour leurs aides et leurs conseils, en particulier je tiens à remercier avec honneur et privilège :

Mr. El fellah Mohammed,

Mr. HAMDANI Driss,

Mme OUALI ALAMI Oum Kaltoum

Mlle EL MAHDI Fairouz.

Je tiens également à exprimer mes vifs respects et mon fort remerciement à mon encadrant **Pr. LAMCHARFI Elhadi** pour ses précieux conseils, son assistance et sens de former et d'informer. Mes remerciements vont également à tous les professeurs de la faculté des sciences et techniques de Fès pour la formation qu'ils m'ont donnée durant la période de mes études.

Aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail, qu'ils soient vivement remerciés pour leur contribution à l'amélioration de ce projet de fin d'études.

Table des matières

Chapitre I : Présentation de l'office national de l'eau potable	8
1. Généralité sur l'Office :	8
1-1 Historique :	8
1-2 Missions de l'ONEE :	8
1.3- Laboratoire régional de Fès :	8
Chapitre II: Description de l'unité de production d'Oued Sebou	9
1. Le prétraitement de l'eau d'Oued Sebou :	10
1-1 Dégrillage :	10
1-2 Relevage :	10
1-3 Dessablage :	11
1-4 Mélangeur :	11
1-5 Débourbage :	11
2. Traitement de l'eau d'Oued Sebou :	12
1-1 pré-chloration :	12
1-2 coagulation-floculation :	12
1-3 Décantation :	12
1-4 Filtration :	13
1-5 Désinfection :	13
Chapitre I: Les paramètres physico-chimiques et bactériologiques	15
1. Les paramètres physico-chimiques :	15
1.1 La conductivité :	15
1.2 La température :	15
1.3 Titre hydrotimétrique (dureté de l'eau) :	16
1.4 Dureté calcique :	16
1.5 Détermination du chlore résiduel libre	17
1.6 La turbidité :	18
1.7 Potentiel d'hydrogène : pH	19
1.8 Détermination de l'alcalinité : TA et TAC :	20
1.5.1 Titre alcalimétrique TA :	20
1.5.2 Titre alcalimétrique complet TAC :	21
1.9 Oxydabilité :	22

2. Jar test essai de coagulation-floculation :	23
a- Introduction :	23
b- Demande en chlore :	24
2.1- JAR TEST : Essai de floculation :	27
2.1.1 Le but :	27
2.1.2 Mode opératoire :	27
2.1.3 Les Critères de choix de la dose de traitement (meilleur bécber) :	29
2.1.4 Analyses physico-chimiques de l'eau brute :	29
3. Les paramètres bactériologiques :	32
a. Définition :	32
b. Les germes recherchés :	32
Conclusion :	35

Introduction

L'eau constitue un des éléments principaux de la vie quotidienne, or la ressource en eau douce devient de plus en plus insuffisante et sa qualité est menacée.

L'eau est considérée comme potable lorsqu'elle ne présente aucun danger à la santé, afin d'assurer cela des normes ont été établies, fixant les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives, susceptibles d'être présentes dans l'eau (corps provenant de l'érosion ou de la distribution de sels, ou même résidus industriels ou ménagers..).

L'eau comprend des matières qui sont classées en trois états:

1^{ère} : Etat de suspension : représente des substances minérales ou des grosses particules (sables, algues...)

2^{ème} : Etat colloïdal : ce sont des matières en dispersion de dimension moyenne entre 0,2 et 0.002 microns (argiles, oxydes métalliques...)

3^{ème} : Etat dissous : sont les plus petites substances présentes dans l'eau (sels minéraux et molécules organiques...)

La potabilité des eaux nécessite l'élimination des matières précédentes, par différentes étapes de traitement et le contrôle par des méthodes d'analyses physico-chimiques et bactériologiques. Parmi ces méthodes de traitement on utilise la méthode de coagulation-floculation dont l'analyse est suivie par la méthode jar test.

Le but de ce travail est d'optimiser les quantités des coagulants et floculants utilisés pour cette méthode.

Présentation et description d'ONEE

Chapitre I : Présentation de l'office national de l'eau potable.

1. Généralité sur l'Office :

1-1 Historique :

L'Office national de l'électricité et de l'eau potable a été créé par la loi 40-09 et publiée le 17/11/2011, suite au regroupement de l'Office National de l'électricité (ONE) et de l'Office national de l'eau potable (ONEP). Créé en 1972, c'est un établissement semi-public à caractère commercial et industriel, il est doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière.

1-2 Missions de l'ONEE :

L'Office national de l'eau potable est chargé de :

- **Planifier** l'approvisionnement en eau potable du Royaume ;
- **Etudier** l'approvisionnement en eau potable ;
- **Gérer** la production d'eau potable ;
- **Contrôler** la qualité des eaux ;
- **Assister** en matière de surveillance de la qualité de l'eau ;
- **Accès** à l'eau potable en milieu rural avec un taux d'accès de 95% au profit d'une population de 12.7million d'habitants.

1.3- Laboratoire régional de Fès :

Le rôle principal du laboratoire régional de l'ONEE-BO Fès est le contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau destinée à l'alimentation humaine de la région, ainsi que le contrôle de la qualité des eaux de la station de traitement.

Pour cela le laboratoire dispose de deux grandes unités analytiques à savoir :

- Unité analytiques physico-chimiques
- Unité analytiques microbiologiques.

Chapitre II: Description de l'unité de production d'Oued Sebou

L'ONEE dispose d'un Complexe de production d'Oued Sebou qui inclut deux stations :

➤ La station de prétraitement située à Sebou :

Sa construction remonte à 1989, son rôle est l'extraction de l'eau brute et la diminution du taux de matière en suspension jusqu'à une valeur inférieure à 2g/l et de la refouler jusqu'à la station de traitement. 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 déssableurs.
- ↪ Un répartiteur mélangeur.
- ↪ Trois débourbeurs.

➤ La station de traitement Ain Noukbi :

Édifiée le 19 mars 1987. Elle a pour missions :

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

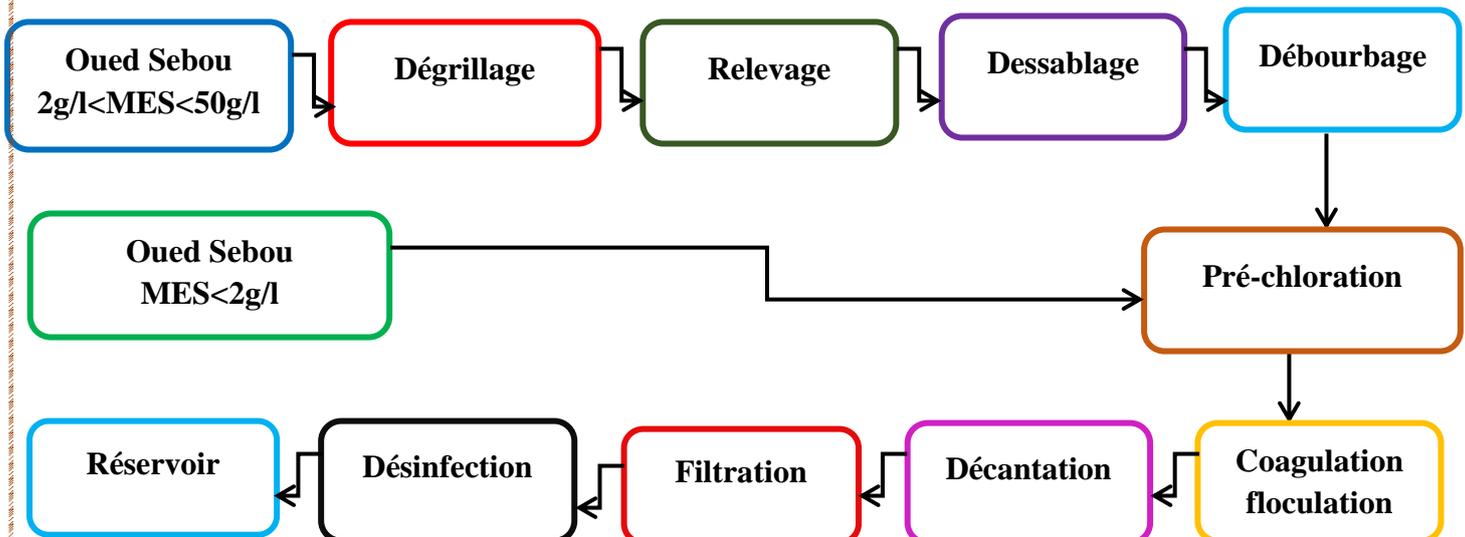


Schéma 1 : Les procédés du traitement des eaux

1. Le prétraitement de l'eau d'Oued Sebou :

1-1 Dégrillage :

Le dégrillage est le premier poste de traitement, permet de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses (débris ménagers, morceaux de bois, plastiques, etc.) Charriées par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité du traitement d'eau.



Photo 1 : Opération de dégrillage dans la station de prétraitement

1-2 Relevage :

Le relevage est assuré par trois vis d'Archimède qui permettent le pompage de l'eau du fleuve vers les dessableurs, chaque vis d'Archimède peut débiter jusqu'à 750 l/s



Photo 2 : Opération de relevage dans la station de prétraitement

1-3 Dessablage :

Deux dessableurs d'une forme rectangulaire permettent d'extraire des eaux brutes le sable et les graviers.



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

1-4 Mélangeur :

Le mélangeur assure à la fois le mélange de l'eau brute avec le poly électrolyte pour casser la stabilité colloïdale et augmenter la taille des particules contenues dans les eaux brutes et faciliter par la suite la pré-décantation, Il permet aussi la répartition de l'eau dans les débourbeurs.

1-5 Débourage :

Le débourage permet de décanter les boues et diminuer le taux de la matière en suspension à travers trois débourbeurs circulaires.



Photo 4 : Opération de débourage dans la station de prétraitement

2. Traitement de l'eau d'Oued Sebou :

Son rôle consiste à la production d'une eau potable, adéquate et conforme à la norme marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine.

Les principales étapes du traitement sont :

1-1 pré-chloration :

L'injection du chlore se fait par une pompe à l'entrée de la station donc la pré-chloration s'effectue sur l'eau brute, elle présente de nombreux avantages :

- L'oxydation des métaux tels que le fer et le manganèse.
- Elimination des matières organiques.
- L'élimination des micro-organismes et inhiber la croissance des algues.

On utilise souvent le chlore car il est plus économique et plus facile à utiliser.

1-2 coagulation-floculation :

La coagulation est le phénomène de déstabilisation des particules en suspension colloïdale (stable), pour permettre leur agrégation quand le contact a lieu. Le coagulant le plus utilisé dans le monde est le sulfate d'aluminium puisque c'est le moins cher des trivalents.

La floculation est l'agglomération des particules colloïdales déstabilisées (coagulées). Les floculant, les plus souvent utilisés sont: * les polymères et *L'alginate.

1-3 Décantation :

La décantation est une opération de séparation mécanique effectuée dans des bassins circulaires (Il existe de nombreux types de décanteurs, ceux utilisés à la station sont au nombre de six, chacun possède un débit à traiter de 900 m³/h.)

L'eau coagulée et floculée entre dans le décanteur, et les floccs qui ont une densité supérieure à celle de l'eau vont se déposer et s'accumuler au fond du bassin, et qui seront par la suite éliminer périodiquement en les piégeant. Et l'eau clarifiée est récupérée en surface.



Photo 5 : Décanteur

1-4 Filtration :

La filtration est un procédé réalisé par des filtres à sable, pour retenir les floccs qui n'ont pas été piégés lors des étapes précédentes, ils nécessitent un nettoyage périodique qui se fait par l'envoi d'eau et d'air à contre-courant pour éliminer les matières retenues entre les grains de sable et éviter ainsi le risque de colmatage.

Ce traitement doit réduire la turbidité de l'eau à des valeurs inférieures ou égales à 0,5 NTU.



Photo 6 : filtre à sable

1-5 Désinfection :

Après la filtration Les eaux sont arrivées à travers des conduites vers les citernes.

La désinfection est un traitement a pour but d'éliminer les micro-organismes pathogènes : bactéries, virus, ainsi que la majorité des germes banals moins résistants. Cette étape est assurée par des oxydants chimiques tels que le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone et dans un certain nombre de cas, par un procédé physique comme le rayonnement UV.

L'oxydant le plus utilisé est le chlore sous forme gazeux.

Finalement, et après la désinfection, l'eau est devenue potable et prête à être consommée par l'être humaine

Partie expérimentale

Chapitre I: Les paramètres physico-chimiques et bactériologiques

1. Les paramètres physico-chimiques :

Pour analyser l'eau on effectue plusieurs méthodes d'analyses telque : la conductivité, la température, le titre hydrotimétrique, la dureté calcique et le chlore résiduel libre, on va les décrire brièvement pour information :

1.1 La conductivité :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes, qui s'effectue à l'aide d'un conductimètre. La mesure de la conductivité permet 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 $\mu\text{siemens/cm}$.



Photo 7 : Conductimètre

1.2 La température :

La température joue un rôle primordial dans la solubilité des sels, elle a une influence sur : la quantité d'oxygène dissous, la viscosité, la densité ...

Le degré de température est mesuré à l'aide d'un appareil de pH-mètre

1.3 Titre hydrotimétrique (dureté de l'eau) :

a-Définition :

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

b-Principe :

Les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} présents dans l'eau sont complexés par l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA 0,02M). Le noir d'eriechrome est utilisé comme indicateur pour la détermination de la dureté totale.

c- Mode opératoire :

On met :

- ☞ 100 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer,
- ☞ on ajoute 5 ml d'une solution tampon ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$),
- ☞ une petite spatule de noir d'eriechrome
- ☞ on titre par l'EDTA jusqu'au virage du rose au bleu.

d. Expression des Résultats :

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

Avec : Tb (tombé de burette) = le volume de l'EDTA versé.

1.4 Dureté calcique :

a- Définition :

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

b- Principe :

Le principe est le même que pour la détermination de la dureté totale. C'est la concentration en ion Ca^{2+} , le dosage s'effectue à un pH élevé (pH = 12) par l'EDTA, le magnésium est alors précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas, on utilise le calcon comme indicateur .

c- Mode opératoire :

On met :

- ☞ 100 ml d'échantillon
- ☞ une pincé d'indicateur coloré calcon
- ☞ 5 ml d'une solution tampon (NaOH).
- ☞ Dosage par l'EDTA Jusqu'à l'obtention de la coloration bleue.

La réaction mise en jeu est :



d- Expression des Résultats :

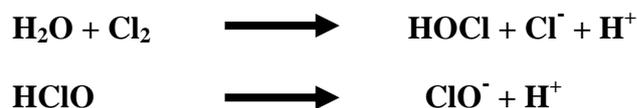
$$\text{Teneur en Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = \text{Tb} \times 8$$

1.5 Détermination du chlore résiduel libre

a- 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 (ClO₂) quand ce dernier produit est utilisé pour la désinfection.

La réaction mis en jeu:



b- Principe:

Le chlore résiduel libre dans une eau traité est détermine par le test de DPD: Diéthyl Paraphénylène Diamine, indicateur d'essai au moyen d'un comparateur visuelle. Ce test consiste à ajouter un comprimé réactif à l'échantillon ce dernier donne une coloration qui sera ensuite comparée aux couleurs du comparateur, on détermine enfin la quantité du chlore résiduel présente dans l'eau en mg/l.

c- Mode opératoire :

- ☞ On remplit un tube par l'eau à analyser
- ☞ On ajoute le DPD : Diéthyl Paraphénylène Diamine
- ☞ On compare les couleurs d'échantillon et du comparateur qui considéré comme un témoin
- ☞ on détermine la quantité du chlore résiduel présente dans l'eau en mg/l.

Nous avons pratiqué d'autres méthodes d'analyses d'eau telque :

1.6 La turbidité :

La turbidité est une expression de la propriété optique d'une eau à observer ou/et diffuser de la lumière, c'est la mesure des particules en suspension, qui sont soit en suspension grossière, soit en suspension colloïdale. Donc la turbidité dépend de la quantité et du type de particule en suspension elle peut être mesurée par le turbidimètre, son unité est le NTU.

➤ **Résultats :**

Nous avons effectué des mesures de la turbidité à 3 jours différents :

Date	Turbidité de l'eau brute en NTU	Turbidité de l'eau décantée en NTU	Turbidité de l'eau filtrée en NTU	Turbidité de l'eau traitée en NTU
22/04/2018	33	1.5	0.24	0.24
24/04/2018	37	2.1	0.4	0.40
26/04/2018	46	2.3	0.36	0.29

Tableau 1 : les résultats de la turbidité

➤ **Interprétations :**

La turbidité de l'eau traitée est généralement inférieure à 1 NTU, cela démontre l'efficacité du traitement.

La station de traitement des eaux de l'oued Sebou vise à produire une eau traitée qui a une turbidité inférieure ou égale à 0,5.

La turbidité d'eau filtrée ne doit pas dépasser 0,5 NTU sinon les filtres nécessitent un lavage fréquent.

La turbidité d'eau décantée ne doit pas dépasser 5 NTU sinon les décanteurs nécessitent une purge des boues qui se trouvent au fond.

1.7 Potentiel d'hydrogène : pH

Le pH d'une eau ou le degré de son acidité ou alcalinité est en relation étroite avec la concentration des ions hydrogènes présents dans cette eau.



Photo 8 : Le pH-mètre

➤ Résultats :

Nous avons effectué des mesures de pH à 3 jours différents :

Date	Eau brute	Eau décantée	Eau filtrée	Eau traitée
22/04/2018	7.80	7.18	7.30	7.32
24/04/2018	7.97	7.24	7.26	7.41
26/04/2018	8.10	7.29	3.22	7.38

Tableau 2 : les résultats de pH

➤ Interprétations :

On observe que les valeurs de pH de l'eau traitée sont inférieures à celle de l'eau brute, cette diminution est due au traitement d'eau (l'ajout des réactifs, des acides ...).

1.8 Détermination de l'alcalinité : TA et TAC :

L'alcalinité est la mesure de la capacité de l'eau à neutraliser les acides. Elle correspond à la présence des bicarbonates (HCO_3^-), des carbonates (CO_3^{2-}) et des hydroxydes (OH^-). Elle est déterminée par le calcul de deux titres :

1.5.1 Titre alcalimétrique TA :

a-Définitions :

Le titre alcalimétrique TA correspond à la neutralisation des ions OH^- et à la transformation de la moitié des ions CO_3^{2-} en HCO_3^- par un acide fort en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine). Donc elle est mesurée par la formule :

$$\text{TA (még/l)} = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}]$$

b-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.
- ☞ 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 :



c -Expression des résultats :

$$\text{TA (en még/l)} = V \text{ (ml)}$$

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

1.5.2 Titre alcalimétrique complet TAC :

a-Définitions :

Le titre alcalimétrique complet TAC correspond à la neutralisation des ions OH^- , CO_3^{2-} et HCO_3^- par un acide fort en présence d'un indicateur coloré (l'hélianthine).

Le TAC est donné par la formule :

$$\text{TAC (még/l)} = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

b-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.

➤ Les réactions mises en jeu :



c- Expression des résultats :

$$\text{TAC(en még/l)} = V' + V \text{ (ml)}$$

Détermination du TAC : TAC (en még/l) = V' (ml) versé

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.

Nous avons effectué des mesures de TA et TAC sur l'eau brute et l'eau traitée, on a trouvé :

Paramètre	Eau traitée	Eau brute
TA (méq/l)	0	0,55
TAC (méq/l)	5,3	5,7

Tableau 3 : les résultats de TA et TAC

On observe que TA de l'eau brute est différents à 0, cela expliqué par l'existence des ions OH^- et CO_3^{2-} dans l'eau, par contre TA de l'eau traitée montre l'absence de ces ions.

1.9 Oxydabilité :

a- Définition :

L'oxydabilité exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la majeure partie de la matière organique ainsi des sels minéraux oxydables.

b- 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.

c- Mode opératoire :

- ☞ On Porte à l'ébullition 100 ml d'eau
- ☞ Additionnée de 2 ml d'acide sulfurique de 95% à 97%
- ☞ On ajoute 10 ml de permanganate de potassium N/100
- ☞ On maintient à ébullition pendant 13 min,
- ☞ On refroidie rapidement
- ☞ On fait la réduction des ions MnO_4^- en Mn^{2+} par l'ajout d'1 ml d'une solution d'acide oxalique N/100,
- ☞ On titre l'excès par le permanganate de potassium N/100

Les réactions mises en jeu sont :



La réaction de dosage est :



d- Expression des Résultats :

La quantité d'oxygène nécessaire est donnée par la relation suivante :

$$[\text{Oxy}] = \text{Tb} \times 0.8 \text{ (mg/l)}$$

Nous avons effectué des mesures de l'oxydabilité à 3 jours différents :

Date	Eau brute [O ₂] en mg/l	Eau traitée [O ₂] en mg/l
22/04/2018	2.06	1.2
24/04/2018	1.9	0.76
26/04/2018	2	1

Tableau 4 : les résultats de l'oxydabilité

L'oxydabilité doit être inférieure à 2mg/l pour une eau destinée à l'alimentation humaine ce qui est le cas pour l'eau produite au niveau de la station du traitement.

2. Jar test essai de coagulation-floculation :

a- Introduction :

Le but de l'essai de coagulation floculation est de trouver les conditions optimales de coagulation- floculation et de décantation par la détermination des doses optimales des réactifs, parmi ces réactifs on trouve : coagulant, floculant, substance alcaline et réactif de correction H₂SO₄... etc.

b- Demande en chlore :

Cette méthode permet de déterminer la quantité du chlore nécessaire qu'on l'appelle aussi **break point** qu'il faut injecter à l'eau brute lors de la pré-chloration.

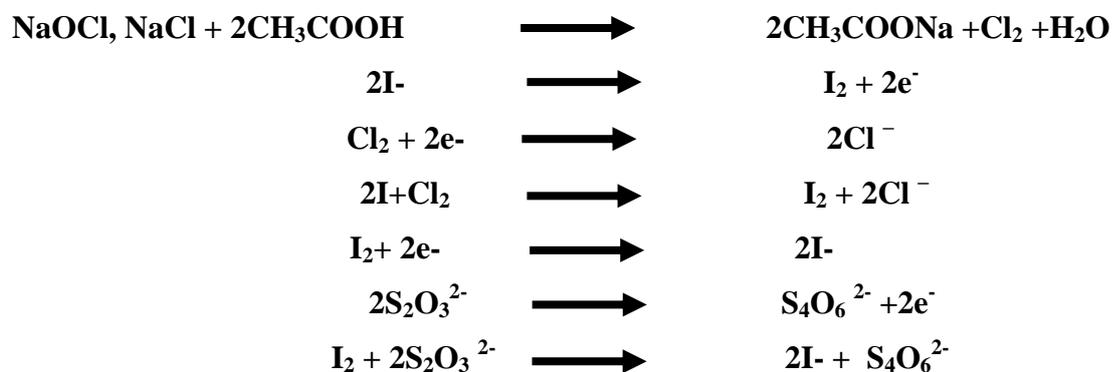
D'abord on commence par la détermination de la concentration du chlore (commerciale) qui se trouve dans l'eau de javel.

i- Mode opératoire :

Dans un erlenmeyer on met :

- 1ml de l'eau de javel (NaOCl, NaCl)
- 10ml de solution d'iodure de potassium (KI à 10%)
- 10ml de solution d'acide acétique (CH₃COOH) 9N
- On titre l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃) N/10 jusqu'à décoloration.

Les différentes réactions mise en jeu sont :



ii- Expression des résultats:

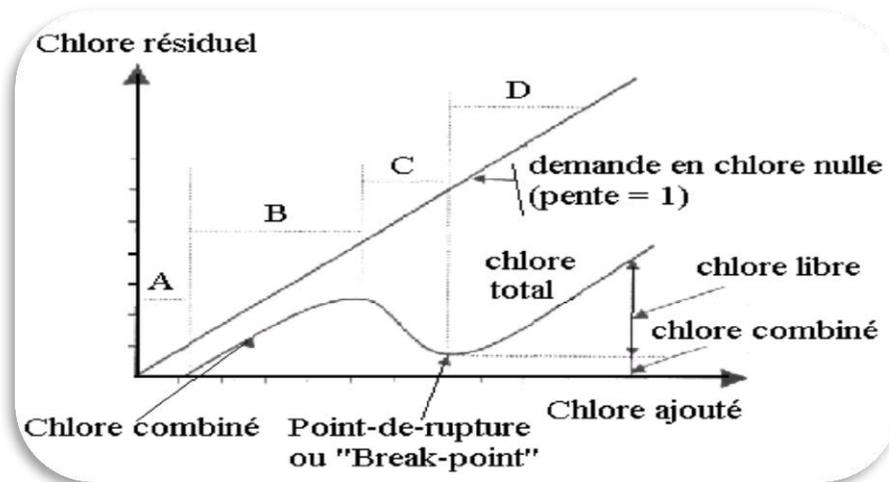
Le titre de l'eau de javel est donné par la relation suivante :

$$[\text{Eau de javel}] = \text{Tb} \times 3,55 (\text{g/l})$$

Tb (tombée de burette) : représente le volume exprimé en ml de thiosulfate de sodium N/10 versé au point d'équivalence.

iii- Détermination du break-point :

- On diluera la solution de l'eau de javel avec de l'eau distillée de façon à avoir une solution à 0,1g/l
- On prépare 12 flacons de verre brun de volume 250ml, que l'on numérote. On introduit dans chacun des flacons 100ml d'eau à analyser, puis on ajoute des quantités connues de solutions chlorées, croissantes de flacon en flacon, de façon à avoir des concentrations précises en chlore actif ;
- On laisse les flacons à l'obscurité pendant 30min après les avoir bouchés et agités ;
- Au bout de 30min (temps de contact) exactement on dose le chlore résiduel avec un comparateur par introduction de réactif colorimétrique habituel DPD n°1 ;
- On trace la courbe du chlore résiduel en fonction du chlore injecté.



Courbe 1 : Chloration au break-point

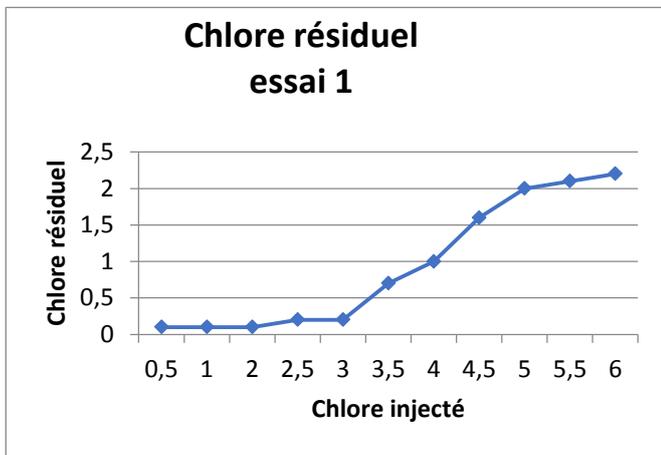
On constate que la courbe est divisée en 4 zones :

- A** : c'est la zone de destruction du chlore par les composés minéraux (fer, le manganèse)
- B** : zone de formation de composés chlorés organiques et chloramines, réduction des mono-chloramine et dichloramines, formation des tri-chloramine.
- C** : la destruction des chloramines par ajout de chlore supplémentaire, break point (point de rupture), les mono, di et tri-chloramines ont pratiquement disparu.
- D** : production de chlore actif, tout le chlore ajouté sera sous forme d'acide hypochloreux (HClO), mais il reste du chlore libre.

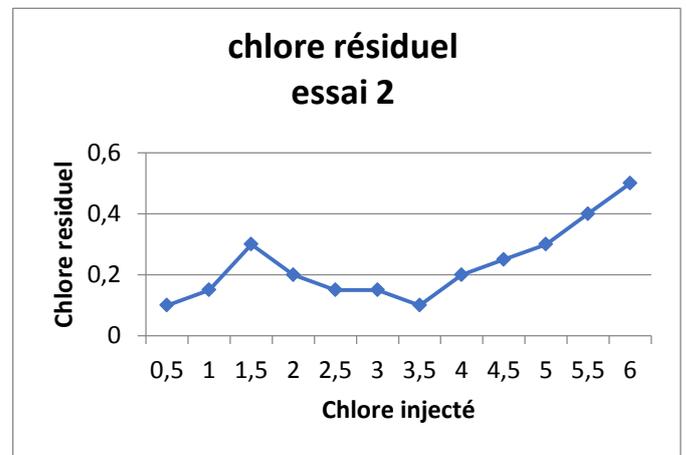
Résultats:

Flacons		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cl ₂ injecté en mg/l		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
Cl ₂ résiduel en mg/l	Essai 1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.7	1	1.6	2	2.1	2.2
	Essai 2	0.1	0.15	0.3	0.2	0.15	0.15	0.1	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
	Essai 3	0.1	0.15	0.2	0.25	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7

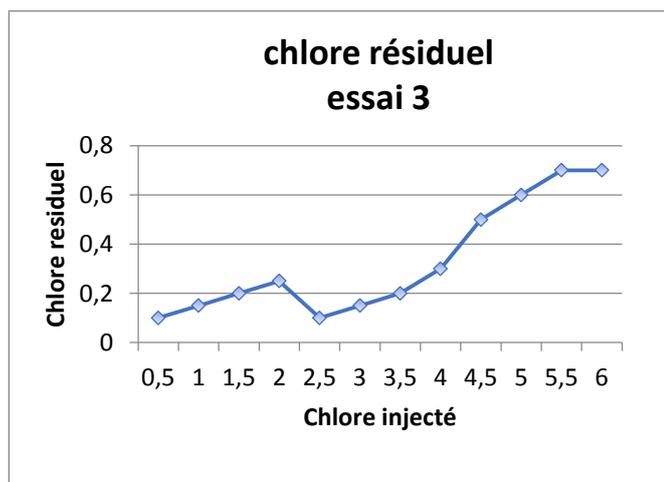
Tableau 5 : les résultats des demandes en chlore



Courbe 3 : La quantité du chlore a injecté correspondante au break point ESSAI 1



Courbe 2 : La quantité du chlore a injecté correspondante au break point ESSAI 2



Courbe 4 : La quantité du chlore a injecté correspondante au break point ESSAI 3

	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Pré-chloration mg/l	3	3,5	2,5

Tableau 6 : les doses du chlore à injectées

2.1- JAR TEST : Essai de floculation :

2.1.1 Le but :

L'essai de floculation a pour but de déterminer la nature et les doses probables des réactifs permettant de clarifier l'eau dans la station de traitement.

2.1.2 Mode opératoire :

- ✚ Dans chacun des béchers on verse 1 litre d'eau brute et on les place sur le banc de floculation ;
- ✚ On agite l'eau rapidement pendant 5min ;
- ✚ Dans les 6 béchers on ajoute une dose de l'eau de javel correspondante à la demande en chlore précédemment déterminée ;
- ✚ On met en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tours/min ;
- ✚ On ajoute aussi rapidement que possible aux trois béchers en traitement des quantités croissantes du coagulant ;
- ✚ On maintient l'agitation rapide pendant 2min
- ✚ Après on ajoute le poly-électrolyte et on diminue l'agitation à 40tours/min ;
- ✚ On maintient l'agitation lente pendant 20minutes ;
- ✚ On note le délai d'apparition du floc (en minute et en seconde) à partir du début de l'agitation lente.

Après l'agitation lente on note l'aspect des floccs :

0-pas de floc ; 02-légère opalescence ; 04-petits points ; 06-flocons de dimensions moyennes ; 08-bon floc ; 10-excellent ;

- ☞ On relève les hélices et on laisse décanter toutes les portions pendant 30minutes dans les béchers ;
- ☞ Au cours de ce temps de décantation on estime la vitesse de sédimentation des floccs formés (rapide, moyenne ou lente) ;
- ☞ On observe après cette période s'il reste des floccs en suspension ;
- ☞ On détermine le pH, la turbidité, l'oxydabilité et le chlore résiduel du surnageant ;
- ☞ On filtre les six béchers dans un erlenmeyer à l'aide d'un papier filtre disposé dans les entonnoirs. cette filtration est celle qui produit les résultats les plus comparables à ceux obtenus par filtration sur sable ;
- ☞ On détermine la turbidité et l'alcalinité sur chaque échantillon ;
- ☞ On détermine aussi la teneur en aluminium par kit.

☞ L'origine principale d'aluminium est le sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)$. Pour mesurer la quantité d'aluminium on utilise un test kit, plus il y a d'aluminium plus la bandelette se colore en bleu foncé.

Remarque : La valeur maximale admissible de la teneur en aluminium dans une eau de boisson ne doit pas dépasser 0,2mg/g.

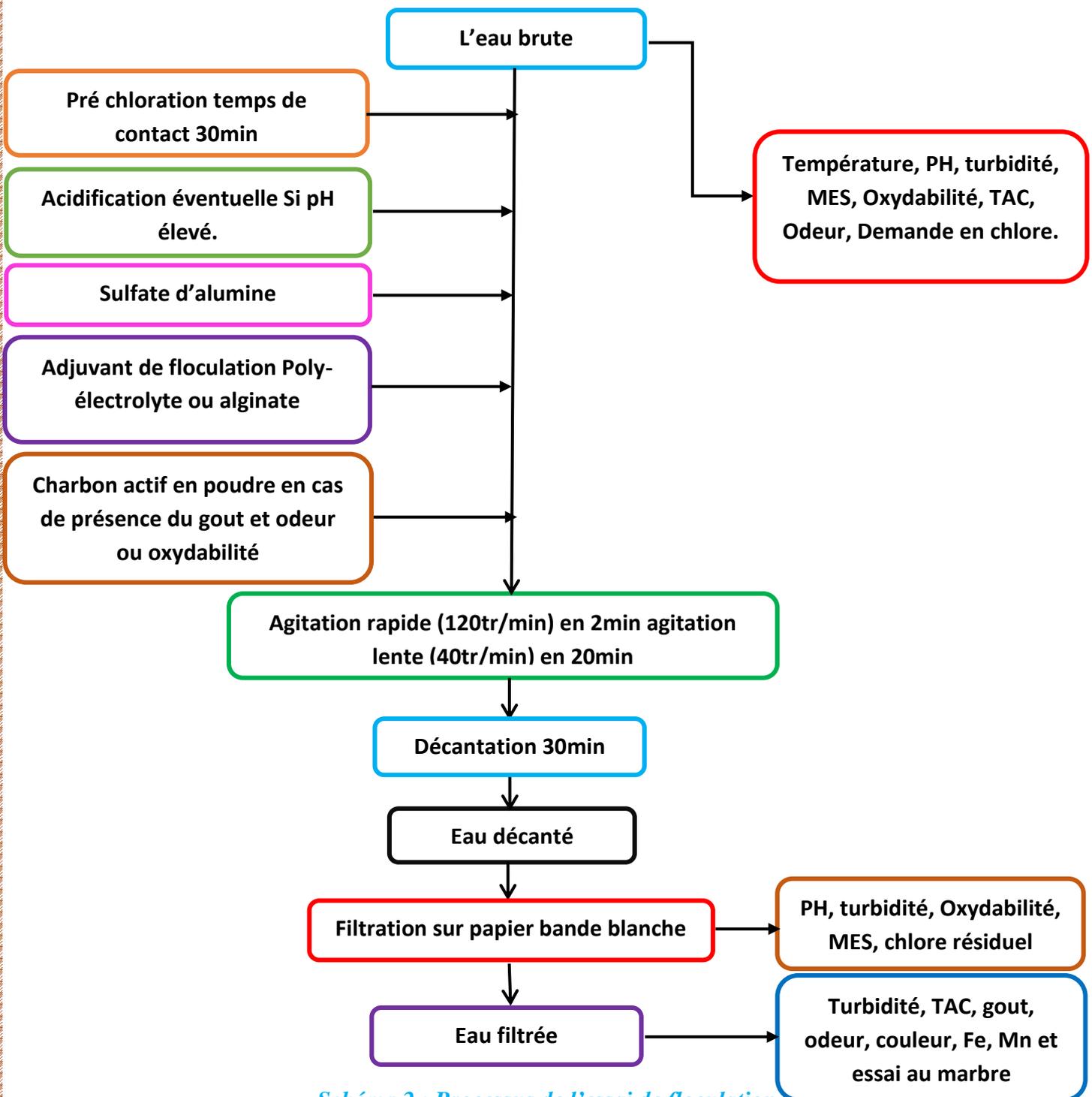


Schéma 2 : Processus de l'essai de floculation

2.1.3 Les Critères de choix de la dose de traitement (meilleur béccher) :

L'objectif de l'essai de floculation est de déterminer les conditions optimales pour avoir une eau potable qui présente la caractéristique suivante :

- Taille des floes > 6 ;
- Turbidité de l'eau décantée <5 NTU ;
- Turbidité de l'eau filtrée sur le papier <0.5 NTU ;
- pH de décantation **entre 7.00 et 7.4** ;
- oxydabilité à chaud pendant 13min <2mg/l ;
- aluminium <0.2mg /l ;

2.1.4 Analyses physico-chimiques de l'eau brute :

Avant de commencer chaque essai de jar-test, on doit d'abord faire des analyses physico-chimiques de l'eau brute :

Les paramètres	Essai 1	Essai 2	Essai 3
pH	8.39	8.36	8.37
température	21°C	23.2°C	22°C
TA en méq/l	0.35	0.5	0.4
Turbidité en NTU	1459	51.80	129
TAC en méq/l	8.85	6.35	6.1
Oxydabilité en mg/l	4.90	3.2	2.72
Conductivité (µs/cm)	1028	1027	1025

Tableau 7 : Analyse physico-chimique de l'eau brute

On remarque que la turbidité est très grande dans l'essai 1 par contre dans les deux autres essais, car le jour de l'essai 1, c'était un jour très pluvieux.

1^{er} Essai : Absence de Flocculant :

Ce test a pour but d'optimiser la dose de coagulant en absence de flocculant. Pour cela on injecte que des doses croissantes de sulfates d'alumine (de 20 à 70mg/l).

Les béchers	1	2	3	4	5	6
Pendant le déroulement						
Pré chloration mg/l	3	3	3	3	3	3
Coagulant mg/l	20	30	40	50	60	70
Floculant mg/l	-	-	-	-	-	-
Aspect des floccs	4	4	4	4	4	4
Observation après la décantation						
pH	8	7,83	7,66	7,61	7,52	7,52
Oxydabilité mg/l	2,35	2,3	2,25	2,75	2,70	2,65
Turbidité décantée	4.73	3.62	2.48	3.70	3.45	3.30
Chlore résiduel	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Observation après la filtration						
Turbidité filtrée	0.46	0.37	0.39	0.56	0.41	0.43
TAC	3.9	3.8	4	3.9	3.8	3.6
Al3+ résiduel mg/l	0.2	0.2	0.12	0.12	0.12	0.12

Tableau 8 : Optimisation de coagulant en absence de floculant

2^{ème} Essai : Présence d'une dose fixe de coagulant :

Pour optimiser la dose du polyélectrolyte on a injecté une dose fixe du sulfate d'alumine et des doses croissantes de polyélectrolyte (de 0,1 à 0,6mg/l).

Les béchers	1	2	3	4	5	6
Pendant le déroulement						
Pré chloration mg/l	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Coagulant mg/l	60	60	60	60	60	60
Floculant mg/l	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Aspect des floccs	8	8	8	8	8	8
Observation après la décantation						
pH	7.67	7.59	7.55	7.60	7.65	7.59
Oxydabilité mg/l	1.68	1.92	2.96	1.84	3.36	1.84
Turbidité décanté	0.69	0.70	1.73	0.83	0.83	0.79
Chlore résiduel	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Observation après la filtration						
Turbidité filtrée	0.37	0.44	0.53	0.42	0.33	0.32
TAC	5.1	5.1	5	5.1	5	5.2
Al3+ résiduel mg/l	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12

Tableau 9 : Optimisation de coagulant en absence de floculant

3^{ème} Essai : Présence de floculant :

Pour optimiser la dose du sulfate d'alumine en présence du polyélectrolyte on a injecté des quantités croissantes de sulfate d'alumine (de 20 à 70mg/l) et une dose fixe du polyélectrolyte 0,2mg/l.

Les béchers	1	2	3	4	5	6
Pendant le déroulement						
Pré chloration mg/l	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Coagulant mg/l	20	30	40	50	60	70
Floculant mg/l	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Aspect des floes	8	8	10	10	10	10
Observation après la décantation						
pH	6.98	7.22	7.13	7.10	7.32	7.43
Oxydabilité mg/l	0.8	1.44	1.76	0.56	1.84	1.2
Turbidité décanté	2.39	0.70	0.9	0.5	1.3	1.4
Chlore résiduel	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Observation après la filtration						
Turbidité filtrée	0.68	0.9	0.86	0.41	0.38	0.36
TAC	5.8	6.2	6.2	5.2	5.3	5.5
Al ³⁺ résiduel mg/l	0.2	0.2	0.2	0.12	0.12	0.12

Tableau 10 : Optimisation du floculant en présence d'une dose fixe de Floculant

Les résultats obtenus :

La 1^{er} Essai montre que le meilleur bécber choisi sera le bécber n°5, la 2^{ème} montre le bécber 6 et la 3^{ème} essai montre aussi le 4^{ème} bécber, car ils ont respectés les normes souhaitées.

Interprétations :

1^{er} Essai: Pour avoir une eau potable, la taille des floes doit être supérieure à 06 c'est-à-dire des floes de dimension moyenne, or cet essai montre la présence des floes de dimension de 04, cela signifie que la présence du coagulant tout seul n'est pas suffisante, donc la formation des floes supérieure à 06 nécessite la présence du floculant.

2^{ème} Essai: dans cette essai et à la fin d'une agitation lente, on trouve des floes d'aspect 08, ce qui montre que l'ajout du floculant a un effet positif sur l'augmentation de la taille des floes.

3^{ème} essai : au cours de cette essai, la fixation de floculant et la variation du coagulant a permet d'obtenir des floes entre 08 et 10.

3. Les paramètres bactériologiques :

a. Définition :

La bactériologie est la science qui a pour but l'étude des Micro-organismes qui sont des organismes vivants microscopiques (Diamètre < 0.1mm). Elle englobe plusieurs groupes: virus, champignons..., mais le plus souvent elle est restreinte à la bactériologie. L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique. Les analyses microbiologiques ont pour but de déceler et évaluer la présence des germes pathogènes dangereux pour l'homme.

b. Les germes recherchés :

Produit soumis à l'analyse	Bactéries recherchées	Milieu de culture	Méthode utilisée
Eau traitée	Escherichia coli	Tergitol	Membrane filtrante
	Germes revivifiables	Gélose	Incorporation par gélose
	Entérocoques intestinaux	Slanetz	Membrane filtrante
	Coliforme	Tergitol	Membrane filtrante
	Clostridium sulfito-réducteurs	TSc	Membrane filtrante
Eau brute	Coliformes fécaux (Escherichia coli)	Lauryl	Nombre le plus probable
	Streptocoques fécaux (Entérocoques intestinaux)	Roth	
	Coliformes totaux	Lauryl	Nombre le plus probable

Tableau 11 : Les Germes recherchés des bactéries

La qualité microbiologique de l'eau varie considérablement d'une source à l'autre pour en vérifier cette qualité, on se sert des indicateurs suivants:

♣ **coliformes totaux :**

Ce sont des micro-organismes aérobies et anaérobies facultatifs, en forme de bâtonnets, Gram négatif, ils sont capables de fermenter le lactose avec production d'acide (ou aldéhyde) et de gaz. Le milieu le plus utilisé est le Tergitol 7, l'incubation a lieu à $37^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 48h.

♣ **Coliformes fécaux (Escherichia Coli) :**

La principale bactérie coliforme spécifiquement d'origine fécale est Escherichia Coli (E. Coli) Le milieu le plus utilisé est le Tergitol 7, l'incubation à $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 24 h conduit au dénombrement des coliformes thermo tolérants.

♣ **Entérocoques intestinaux :**

Ce terme englobe les bactéries de forme sphérique ou coccoïde, Gram positif.

Le milieu le plus utilisé est la gélose de Slanetz, l'incubation à lieu à $37^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 48h.

♣ **Clostridium sulfito-réducteurs :**

Ce sont des germes anaérobies stricts, sous forme de bâtonnet capables de sporuler et de maintenir longtemps dans l'eau sous une forme végétative. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent aussi un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection.

♣ **les micro-organismes 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.

Il existe trois méthodes pour l'analyse bactériologique :

➤ **La méthode de la membrane filtrante (MF) pour les eaux traitées.**

La technique normalisée pour l'analyse des eaux destinées à la consommation humaine est la filtration sur membrane (MF), cette dernière consiste à filtrer un volume donné de l'échantillon sur membrane de porosité $0,45\mu\text{m}$ qui est déposée sur un milieu sélectif avant incubation.

➤ **Méthode d'incorporation en gélose :**

Elle consiste à dénombrer les microorganismes revivifiables par l'échantillon d'eau, dans la gélose en boites de pétri.

➤ **La méthode du nombre le plus probable (NPP) pour les eaux brutes.**

La méthode dite NPP consiste à ensemencer des séries de tubes avec un volume donné de l'échantillon à analyser ou de ses dilutions.

Chacune des trois méthodes comporte deux étapes: le test présomptif et le test confirmatif :

☞ **test présomptif :**

Recherche des E-Colis et des bactéries coliformes en milieu lauryl, et recherche des entérocoques en milieu de roth. L'incubation se fait à 37°C pendant 48h, et après la lecture des résultats on trouve :

- soit la présence de trouble : cela signifie l'existence d'E-Coli et des bactéries coliformes dans l'eau.
- soit la présence de trouble + gaz : c'est-à-dire l'existence des entérocoques intestinaux.

☞ **test confirmatif :**

On prend les résultats des tubes présentatifs et on les incube à :

- 44°C pendant 24h les coliformes (E-Coli sur E-Coli medium)
- 37°C pendant 48h les coliformes (bactéries coliformes sur vert brillant)
- 37°C pendant 48h les entérocoques intestinaux (sur litsky)

Après la lecture des résultats on trouve :

- soit la présence de gaz+trouble : c'est-à-dire l'existence d'E-Coli et des bactéries coliformes
- soit la présence de dépôt bleu : qui indique la présence des entérocoques intestinaux.

Conclusion :

Une eau potable est une eau qui ne contient aucun risque pour la santé, mais dans son état pur; elle est polluée; contient des matières en suspension, des colloïdes, des bactéries,... etc.

Donc l'amélioration de la qualité des eaux se fait par plusieurs étapes de traitement telle que:

- L'élimination ou la diminution du taux de la matière en suspension au sein d'oued Sebou.
- l'injection du chlore (désinfectant) qui s'effectue sur l'eau brute à l'entrée de la station.

Ces méthodes d'élimination sont suivies par des méthodes d'analyses physico-chimiques et bactériologiques dans le laboratoire, parmi lesquelles on trouve la méthode jar test pour la coagulation-floculation.

Pour assurer une meilleure coagulation-floculation, elle est nécessaire d'optimiser la dose du sulfate d'alumine en présence du polyélectrolyte par l'injection des quantités croissantes de sulfate d'alumine (de 20 à 70mg/l) et une dose fixe du polyélectrolyte 0,2mg/l.

Liste des Tableaux :

Tableau 1 : les résultats de la turbidité	18
Tableau 2 : les résultats de pH	19
Tableau 3 : les résultats de TA et TAC	22
Tableau 4 : les résultats de l'oxydabilité	23
Tableau 5 : les résultats des demandes en chlore	26
Tableau 6 : les doses du chlore à injectées	26
Tableau 7 : Analyse physico-chimique de l'eau brute	29
Tableau 8 : Optimisation de coagulant en absence de floculant	30
Tableau 9 : Optimisation de coagulant en absence de floculant	30
Tableau 10 : Optimisation du floculant en présence d'une dose fixe de Flocculant	31
Tableau 11 : Les Germes recherchés des bactéries	32

Liste des photos :

Photo 9 : Opération de dégrillage dans la station de prétraitement.....	10
Photo 10 : Opération de relevage dans la station de prétraitement.....	10
Photo 11 : Opération de dessablage dans la station de prétraitement.....	11
Photo 12 : Opération de débouillage dans la station de prétraitement.....	11
Photo 13 : Décanteur.....	13
Photo 14 : filtre à sable.....	13
Photo 15 : Conductimètre.....	15
Photo 16 : Le pH-mètre.....	19

Liste des schémas :

Schéma 3 : Les procédés du traitement des eaux.....	9
Schéma 2 : Processus de l'essai de floculation.....	28

Liste des courbes :

Courbe 5 : Chloration au break-point.....	25
Courbe 6 : La quantité du chlore a injecté correspondante au break point ESSAI 1.....	26
Courbe 3 : La quantité du chlore a injecté correspondante au break point ESSAI 2.....	26
Courbe 4 : La quantité du chlore a injecté correspondante au break point ESSAI 3.....	26

Liste des abréviations :

DPD	: Diméthyle-P-phénylénédiamine.
EDTA	: Acide éthylène diamine tétra acétique.
MES	: Matière en suspension.
NTU	: Unité de turbidité néphalométrique.
TA	: Titre alcalimétrique.
TAC	: Titre alcalimétrique complet.
Tb	: Tombée de burette.
TH	: Titre hydrotimétrique.
E. Coli	: Escherichia Coli.
MF	: Membrane filtrante.

NPP : nombre le plus probable.

Références bibliographiques :

- ☞ Manuel des analyses physico-chimiques de l'ONEE (branche eau). [4], [5]
- ☞ Traitement des eaux F.beme, J.codonnier Edition technip ISBN N° Editeur 933.1991
- ☞ http://www.ecole-partouche.fr/fichiers_documents/CHIMIE_1.pdf
- ☞ <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0304/optsee/bei/5/binome4/coag2.htm>
- ☞ <https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2+Proc%C3%A9dure+de+conduit+des+essais+de+floculation+de+l%E2%80%99ONEP+04+PS+TRT+03.&oq=%E2%80%A2+Proc%C3%A9dure+de+conduite+des+essais+de+floculation+de+l%E2%80%99ONEP+04+PS+TRT+03.&aqs=chrome..69i57.248j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

ANNEXE :

Annexe 1 : Relation donnant TA :

Soient : Na : Normalité de HCl. (0.1N)
V : Volume versé de HCl.
Nb : Normalité des alcalins.
V' : Volume de l'échantillon. (100ml)

$$\begin{aligned}\text{Au point d'équivalence : } NaV &= NbV' \\ Nb &= NaV/V' \\ Nb &= 0,1 * V/100\end{aligned}$$

Donc

$$\begin{aligned}Nb &= 10^{-3} * V \quad (\text{éq/l}) \\ Nb &= V \quad (\text{méq/l})\end{aligned}$$

$$\text{TA (méq/l)} = V$$

Annexe 2 : Relation donnant TAC :

Soient : **N_a** : Normalité de HCl. (0.1N)

V' : Volume versé de HCl.

N_b : Normalité des alcalins.

V_b : Volume de l'échantillon (100ml)

Au point d'équivalence : $N_a V = N_b V'$

$$N_b = N_a V / V'$$

$$N_b = 0,1 * V / 100$$

$$N_b = 10^{-3} * V \quad (\text{éq/l})$$

Donc : **$N_b = V'$ (mécq/l)**

Annexe 3 : Relation donnant l'oxydabilité :

N_k : Normalité de KMnO₄ (0,01N).

V: Volume versé de KMnO₄.

V_T : V_a + V_b = 1ml de H₂C₂O₄

V_a : Excès de H₂C₂O₄ .

V_b : Volume de H₂C₂O₄ réagissant avec l'excès de KMnO₄.

N_H : Normalité de H₂C₂O₄⁻ (0,1N)

V_k : Excès de KMnO₄⁻

V'_k : Volume qui a oxydé la matière organique.

N: Normalité de la matière organique.

On a: $N_k V = N_H V_a$

$$V_a = N_k \cdot V / N_H$$

$$V_a = 10^{-2} * V / 10^{-1}$$

$$V_a = 10^{-1} * V$$

On a aussi : $N_H V_b = N_k V_k$

$$N_H * (1 - V_a) = N_k V_k$$

$$(V_a + V_b = 1) V_k = N_H (1 - V_a) / N_k$$

$$V_k = 10^{-1} (1 - 10^{-1} V) / N_k \quad V_k = 10 - V$$

$$N_k V'_k = N * 100 \quad (100 \text{ ml : prise d'essai})$$

$$N = 10^{-2} * V'_k / 100$$

$$N = 10^{-2} * [10 - (10 - V)] \quad (V_k + V'_k = 10)$$

$$N = 10^{-4} * V \quad (\text{éq/l})$$

$$N = 10^{-1} * V \text{ (még/l)}$$
$$d'O_2).$$
$$C_m = 10^{-1} * V/2 \text{ (mmol/l)}$$
$$C_m = 16 * 10^{-1} * V / 2 \text{ (mg/l)}$$
$$C_m = 0,8 * V \text{ (mg/l)}$$

$$\text{[Oxydabilité]} = 0,8 * V \text{ (mg/l)}$$

Annexe 4 : Relation donnant la dureté calcique :

Soient : N_a : Normalité d'EDTA.
 V : Volume versé d'EDTA. N_b
: Titre hydrotimétrique
 V_b : Volume de l'échantillon (100ml)

Au point d'équivalence : $N_a V_a = N_b V_b$
 $N_b = N_a V / V_b$ $N_a = C_a * p$
 $P = 2;$
 $C_a = 0,02 \text{ mol/l}$
 $N_b = 0,02 * 2 * V / 100$
 $N_b = 4.10^{-4} * V \text{ (éq/l)}$
Donc : $N_b = 0,4 * V \text{ (még/l)}$
On a : $C_b = N_b / 2$
Donc : $C_b = 2.10^{-1} * V \text{ (mol/l)}$

On a : $T_{Ca^{2+}} = M_{Ca^{2+}} * C_b$

(Avec $M_{Ca^{2+}} = 40 \text{ g/mol}$) $T_{Ca^{2+}} = 40 * 2 * 10^{-1} * V$

Donc : $T_{Ca^{2+}} = V * 8 \text{ (mg/l)}$

Annexe 5 : Relation donnant la concentration de l'eau de javel :

Soient : N_a : Normalité de Cl_2 .
 V_a : Volume de l'eau de javel.
(1ml)
 N_b : Normalité de $Na_2S_2O_3$.
 V : volume versé de $Na_2S_2O_3$.

Au point d'équivalence : $N_a V_a = N_b V_b$

$$N_a = N_b V / V_a$$

$$N_a = 10^{-1} \cdot V_b \text{ (éq/l)}$$

On a : $[Cl_2] = 10^{-1} \cdot V / 2$

Donc : $[Cl_2] = 5 \cdot 10^{-2} \cdot V \text{ (mol/l)}$

On a : $[Cl_2]' = [Cl_2] \cdot M_{Cl_2}$ ($M_{Cl_2} = 35.5 \text{ g/mol}$)

$$[Cl_2]' = 5 \cdot 10^{-2} \cdot V \cdot 71$$

Donc: **$[EJ] = 3.55 \cdot V \text{ (g/l)}$**