



Licence Sciences et Techniques (LST)

# GENIE CHIMIQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### Analyses physico-chimiques et Jar-Test

#### Présenté par :

◆ **MOUAD LAHYAOUI**

#### Encadré par :

- ◆ **Mr. El Mostafa Abouzouhour (ONEE)**
- ◆ **Pr. Ahmed Harrach (FST)**

**Soutenu Le 6 Juin 2017 devant le jury composé de:**

- **Pr. AHMED HARRACH**
- **Pr. HICHAM ZAITAN**
- **Pr. AHMED ELGHAZOUALI**

**Stage effectué à L'ONEE**

**Année Universitaire 2016 / 2017**

## Remerciement

D'abord, je profite de cette occasion pour adresser mes sincères remerciements à **Mr. MUSTAPHA IJAJLI**, doyen de la faculté des sciences et techniques Fès, pour son gestion sage et les bonnes conditions d'études qu'ils nous ont procurées. Ainsi tous les enseignants de département de chimie pour leurs conseils, soutiens et orientations.

Je tiens à remercier vivement **Mr. ABDELLAZIZ HDOUD** chef de secteur production de m'avoir accepté pour effectuer mon stage, en m'offrant ainsi la possibilité d'acquérir une expérience professionnelle très enrichissante.

Je saisi l'occasion de remercier les membres de jury **Pr. HICHAM ZAITAN** et **Pr. AHMED EL GHAZOUALI** qui m'ont fait l'honneur d'accepter de juger mon travail.

Mes remerciement les plus cordiaux s'adressent à mon encadrant **Mr. AHMED HARRACH** chef de la filière génie chimique à FST Fès pour sa disponibilité, son aide, ses conseils précieux, ses critiques constructives, ses explications et suggestions pertinents ainsi que pour ses qualités humaines et morales que j'ai apprécié.

Je remercie aussi mon encadrant **Mr. ABOUZOUHOUR EL MOSTAFA**, chef d'unité de production Sebou ainsi que tous les fonctionnaires de Office national d'électricité et de l'eau potable branche eau pour leur soutien et leur attention dont ils ont fait preuve à mon égard tout au long du déroulement de ce stage. C'est grâce à eux et au travail proposé que ce stage a été si bénéfique.

Je ne manque pas l'occasion de remercier chaleureusement **Mr. MOHAMMED EL FELLAH** responsable de laboratoire pour son incontestable contribution à l'accomplissement de mon projet. Son caractère accueillant qui m'a offert une ambiance très motivante et encourageante au travail, ainsi que pour sa disponibilité extraordinaire qui m'a permis de surmonter les difficultés et autres problèmes rencontrés. Que dieu préserve votre optimisme et votre enthousiasme.

## Liste des abréviations

☒	ONEE/BO	: Office Nationale d'Electricité et d'eau potable branche eau
☒	ONE	: Office National d'Electricité
☒	MES	: Matière en Suspension
☒	NTU	: Unité Néphélométrie de Turbidité
☒	$\mu\text{S}$	: Micro-Siemens
☒	TA	: Titre Alcalimétrique
☒	TAC	: Titre Alcalimétrique Complet
☒	TH	: Titre Hydrotimétrique
☒	EDTA	: Ethylène Diamine Tétra Acétique
☒	Tb	: Tombé de Burette
☒	Oxy	: Oxydabilité
☒	E.Coli	: Escherichia Coli
☒	Eau de Javel	: Hypochlorite de Sodium
☒	DPD	: Diéthyl Paraphénylène Diamine

## Liste des tableaux et des figures

- ✚ Figure 1 : Grille
  - ✚ Figure 2 : Vis d'Archimède
  - ✚ Figure 3 : Dessableur
  - ✚ Figure 4 : Débourbeur
  - ✚ Figure 5 : Décanteur
  - ✚ Figure 6 : Filtre à sable
  - ✚ Figure 7 : turbidimètre
  - ✚ Figure 8 : pH-mètre
  - ✚ Figure 9 : Conductimètre
  - ✚ Figure 10 : la boite d'aluminium
  - ✚ Figure 11 : Chloration au break point
  - ✚ Figure 12 : Demande en Chlore
- 
- ✚ Tableau 1 : Résultats de Turbidimètre
  - ✚ Tableau 2 : Mesure de Température
  - ✚ Tableau 3 : Résultats de pH-mètre
  - ✚ Tableau 4 : Mesure de Conductivité
  - ✚ Tableau 5 : Résultats de TAC
  - ✚ Tableau 6 : Résultats d'Oxydabilité Obtenus
  - ✚ Tableau 7 : Valeurs du Chlore Résiduel Obtenus
  - ✚ Tableau 8 : la Dose du Chlore a Injecté
  - ✚ Tableau 9 : Aspect du Floc
  - ✚ Tableau 10 : Caractéristique de l'Eau Brute
  - ✚ Tableau 11 : Optimisation du Coagulant en Absence du Flocculant
  - ✚ Tableau 12 : Optimisation de La Dose du Flocculant
  - ✚ Tableau 13 : Optimisation de Flocculant en Présence du Flocculant
  - ✚ Tableau 14 : Résultats de l'Essai 4
  - ✚ Tableau 15 : Comparaison des Meilleurs Béchets

# Sommaire

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>I. Présentation de L'ONEE/BO.....</b>	<b>2</b>
<b>1. Historique .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Missions principales.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Nouvelles orientations stratégiques de L'ONEE/BO .....</b>	<b>2</b>
<b>4. Direction régional du centre nord (Fès).....</b>	<b>3</b>
<b>5. Complexe de traitement des eaux d'OUED SEBOU .....</b>	<b>3</b>
<b>6. Laboratoire régional de Fès .....</b>	<b>3</b>
<b>Prétraitement et traitement de l'eau .....</b>	<b>4</b>
<b>I. Station de prétraitement.....</b>	<b>4</b>
<b>1. dégrillage.....</b>	<b>4</b>
<b>2. relevage .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Dessablage.....</b>	<b>6</b>
<b>4. Répartiteur (mélangeur).....</b>	<b>6</b>
<b>5. Débourbage.....</b>	<b>6</b>
<b>6. pompage de l'eau brute .....</b>	<b>7</b>
<b>II. Station de Traitement .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Pré-chloration.....</b>	<b>8</b>
<b>2. coagulation-floculation .....</b>	<b>9</b>
▪ <b>Coagulation.....</b>	<b>9</b>
▪ <b>Floculation .....</b>	<b>10</b>
<b>3. Décantation.....</b>	<b>10</b>
<b>4. Filtration .....</b>	<b>10</b>
<b>5. Désinfection .....</b>	<b>11</b>
<b>Les analyses de la qualité de l'eau .....</b>	<b>12</b>
<b>I. Paramètre organoleptiques .....</b>	<b>12</b>
<b>1. Couleur.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Odeur .....</b>	<b>12</b>
<b>3. Gout.....</b>	<b>12</b>
<b>II. Analyses physiques.....</b>	<b>13</b>
<b>1. Turbidité.....</b>	<b>13</b>
<b>Figure 7 : turbidimètre.....</b>	<b>13</b>

2.	Température.....	14
3.	Le PH-mètre.....	14
4.	Conductivité.....	16
<b>III.</b>	<b>Analyses chimiques.....</b>	<b>17</b>
1.	Détermination de l'alcalinité : TA et TAC.....	17
▪	Titre alcalimétrique TA.....	17
▪	Titre alcalimétrique complet TAC.....	17
2.	Titre hydrotimétrique (dureté de l'eau).....	18
3.	Dureté calcique.....	19
4.	Dureté magnésien.....	19
5.	Oxydabilité.....	20
6.	Test d'aluminium.....	21
	<b>Coagulation-floculation.....</b>	<b>22</b>
I.	La demande en chlore.....	22
1.	Détermination de degré chlorométrique d'eau de javel.....	22
2.	Expression des résultats.....	24
3.	Détermination de break point.....	24
II.	JAR-TEST.....	26
III.	Analyse de l'eau brute.....	29
	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>35</b>



## INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource naturelle vitale pour la survie de l'humanité et de toutes les espèces sur terre. Elle est beaucoup plus qu'un élément simple de besoin humain. Elle représente un élément essentiel et irremplaçable pour assurer la continuité de la vie. L'eau recouvre plus de 70% du globe. Cependant, l'eau douce ne présente que 2% de l'eau de notre planète.

Toutefois, l'eau d'alimentation humaine c'est toute eau destinée à la boisson quel que soit le mode de production, de sa distribution et aussi les eaux utilisées pour la préparation, le conditionnement ou la conservation des denrées alimentaires destinées au public. Il ne doit contenir en quantités dangereuses ni micro-organismes, ni substances chimiques nocifs pour la santé, en outre doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent. Les eaux d'alimentation humaine doivent satisfaire aux exigences de qualité spécifiées dans la norme de qualité.

D'ailleurs, le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie pas qu'elle soit exempte de matières polluants, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur. C'est dans cette Perspective que l'ONEE/BO a été créé pour assurer l'approvisionnement en eau de qualité.

Ce stage a été réalisé au sein de laboratoire de station de l'ONEE/BO de Fès pour le traitement de l'eau pompé à partir de l'Oued Sebou. Ce travail se situe dans le cadre d'un suivi de toutes les étapes de traitement de la station, notamment l'étape de coagulation-floculation.

Ce mémoire se propose de présenter le cadre dans lequel s'est réalisé ce projet de fin d'études en regroupant trois parties : le prétraitement et le traitement de l'eau, les analyses de la qualité de l'eau et le Jar-Test.



## I. Présentation de L'ONEE/BO

### 1. Historique

L'ONEP a été créé le 3 avril 1972 par le dahir N°. 172.103, en remplaçant la régie des exploitations industrielles (REI) qui assurait entre autres le service de distribution de l'eau potable depuis 1929. L'Office National de l'Eau Potable est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), c'est l'un des véritables piliers de l'économie marocaine. Il est doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière et placé précédemment sous la tutelle du Ministère de L'Equipement. Mais, une fusion entre ONE et l'ONEP a été créée en 29/09/2011 a donné naissance à l'ONNE

### 2. Missions principales

- Planification de l'approvisionnement en eau potable du Royaume.
- Etude, réalisation et gestion des adductions d'eau potable.
- Gestion de la distribution d'eau potable et de l'assainissement dans les communes qui la demandent.
- Assistance technique en matière, de surveillance de la qualité d'eau.
- Contrôle de la qualité des eaux et protection des ressources en eau susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation humaine.

### 3. Nouvelles orientations stratégiques de L'ONEE/BO

Les efforts déployés par l'ONEE/BO durant les trois dernières décennies ont permis d'améliorer le niveau de l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain.

Aujourd'hui l'Office s'est fixé une nouvelle stratégie visant la généralisation de l'accès à l'eau potable à l'ensemble des citoyens et l'intervention dans le secteur de l'assainissement liquide dans une vision globale et intégrée du cycle de l'eau.

Cette nouvelle stratégie qui s'inscrit dans les orientations de S.M. LE ROI MOHAMMED VI confirmée dans son discours d'ouverture de la 9ème session du Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat à Agadir le 21 Juin 2001, s'articule autour des trois axes suivants:

- I. Généralisation de l'accès à l'eau potable
- II. Assainissement liquide



### III. Maintien des acquis.

#### 4. Direction régional du centre nord (Fès)

La production en eau potable que recouvre l'ONEP est de 40% de la production actuelle de la ville de Fès, les ressources utilisées sont :

- Ressources souterraines qui sont principalement les forages situés dans la plaine de saïs.
- Ressources superficielles qui sont les eaux d'oued Sebou.

#### 5. Complexe de traitement des eaux d'OUED SEBOU

Ce complexe de production est constitué de quatre stations :

1. Station de prétraitement ;
2. Station de pompage d'eau brut d'OUED SEBOU ;
3. Station de traitement ;
4. Station de pompage d'eau traitée Ain Nokbi ;

#### 6. Laboratoire régional de Fès

Le laboratoire dispose de 5 salles :

1. Une salle pour les analyses physico-chimiques ;
2. Une salle pour les analyses spectrométrie d'absorption moléculaire ;
3. Une salle pour les analyses spectrométrie d'absorption atomique ;
4. Une salle pour les analyses bactériologiques ;
5. Une laverie.



## Prétraitement et traitement de l'eau

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments en suspension dont la nature constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs.

### I. Station de prétraitement

La station de prétraitement de Fès est située sur la rive gauche de l'Oued Sebou à la sortie de la ville à environ 8km et 3km de la station de traitement. Elle fonctionne quand les matières en suspension sont comprises entre 2g/l et 50g/l notamment lors des crues. Elle comporte plusieurs opérations chacune d'elles à son efficacité et complète les autres qui la précèdent.

La station de prétraitement 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 dessableurs ;
- Un répartiteur mélangeur ;
- Trois débourbeurs ;

#### 1. dégrillage



Figure 1 : grille



Le dégrillage, premier poste de traitement indispensable aussi bien en eau de surface qu'en eau résiduaire, permet :

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

Cette opération est assurée par 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 (tronc et branches d'arbre herbes mortes, algues, etc.).

## 2. relevage



**Figure 2 : vis d'Archimède**

Cette station est équipée de trois vis d'Archimède, inclinées de  $40^\circ$ . Chaque vis présente une charge de 685 Kg et qui débite 750 l/s. Cette station fonctionne soit à mi-débit (une seule vis en marche) soit à plein débit (deux vis en marche, la troisième vis est pour le secours). Ces trois vis relèvent l'eau brute de la cote minimale du plan d'eau de l'Oued au niveau du dessableur.



### **3. Dessablage**



**Figure 3 : dessableur**

La prise d'eau doit être conçue de façon à éviter l'entraînement du sable si les conditions locales ne le permettent pas. Cette opération est assurée par deux sableurs sous forme de canaux rectangulaires permettant de débarrasser l'eau relevée du sable de gravier et des particules de taille moyenne. Ces dessableurs sont équipés de deux vannes motorisées d'alimentation, deux vannes de lavage en cas de curage forcé des dessableurs et deux vannes de purge qui s'ouvrent et se ferment automatiquement par un automate programmable commandé par un décanteur de sable. Le lavage de ces dessableurs est assuré par la 3<sup>ème</sup> vis d'Archimède.

### **4. Répartiteur (mélangeur)**

C'est un ouvrage constitué de quatre bacs dont un est plus grand que les autres et sert à répartir l'eau avec les réactifs, les trois autres sont destinés à répartir l'eau entre les trois déboueurs. Chaque bac est équipé d'une vanne motorisée.

Dans le cas où l'Oued est peu turbide (contient des matières en suspension inférieures à 2 g/l), l'eau passe directement de la station de pompage vers la station de traitement.

### **5. Débourbage**

Le débourbage est une étape de séparation solide-liquide qui précède la clarification des eaux de surface particulièrement chargées lorsque la décantation classique n'est plus possible. Le but de cette pré-décantation est d'éliminer la majorité des matières en suspension de l'eau brute,



d'en assurer l'évacuation sous forme de boues concentrées et de fournir à l'étape de décantation principale une eau de qualité acceptable.



**Figure 4 : débourbeur**

Cette opération est assurée par trois débourbeurs de débits égaux, chacun d'eux est constitué d'une partie centrale tournante qui sert à mettre l'eau en mouvement afin que les réactifs accomplissent leur fonction qu'est d'éliminer les boues décantées par des pompes qui les rejettent dans l'Oued en aval.

## **6. pompage de l'eau brute**

Cette station est équipée de six groupes électropompes, chacune à un débit de 500l/s. ces groupes refoulent l'eau vers la station de traitement par une conduite de refoulement équipé par un anti-bélier de volume 20000L. L'aspiration se fait à partir d'une prise directe sur l'oued SEBOU ou bien à partir de la bache 1600 m<sup>3</sup> au cas où la station de prétraitement est en marche.

**Remarque :** Un anti-bélier horizontal est mis en place pour protéger les équipements de la station de pompage contre la force provoquée par le retour de l'eau en cas de l'arrêt de la station, d'un déclenchement brutal de l'installation ou d'une coupure de courant.

## **II. Station de Traitement**

L'eau prétraiter est acheminée par des canalisations à l'aide d'une station de pompage jusqu'à la station de traitement de l'eau. Après les opérations de prétraitement qui permettent à l'eau d'être moins chargée en matières en suspension ( $MES < 2g/L$ ), vient la phase de traitement qui permet de rendre l'eau potable.



Au niveau de cette étape, l'eau doit être mélangée avec des différents réactifs chimiques qui nécessitent une préparation qui est effectuée dans le laboratoire afin de déterminer les doses convenables pour le traitement selon la qualité de l'eau brute.

Les principaux réactifs utilisés sont :

#### ❖ **Chlore**

Il a pour rôles l'élimination de tous microorganismes existant dans l'eau, l'oxydation du fer et l'oxydation de la matière organique. Le dosage est effectué par :

- Deux chlorométries de 40Kg/h servant à la pré-chloration.
- Deux chlorométries de 10Kg/h servant à la désinfection.

On ne fait fonctionner que l'un des deux chlorométries, l'autre restant en secours.

#### ❖ **Sulfate d'alumine**

La préparation se fait par cuvée dans trois bacs. Le dosage s'effectue par trois pompes doseuses (une en service, les autres au secours) permettant une injection du réactif au niveau de la conduite de l'eau brute pompé à partir de la station de prétraitement. Ce réactif est utilisé pour la coagulation de l'eau. La dose utilisée selon le laboratoire suivant la qualité d'eau brute.

#### ❖ **Charbon actif**

Le charbon actif est utilisé pour l'amélioration du goût des eaux en cas d'existence d'une odeur due à la présence d'essence introduit dans l'eau par les organismes vivants qui ont vécu au contact de celle-ci : algues, champignons, etc.

#### ❖ **Poly-électrolyte**

La préparation continue s'effectue par une trémie équipée d'un distributeur doseur. Le dosage est réalisé au moyen de deux pompes doseuses (une en service, l'autre en secours) permettant un taux de traitement de 0.1 g/m<sup>3</sup>. Ce réactif est utilisé comme moyen de floculation.

Les étapes de traitement des eaux :

### **1. Pré-chloration**



Elle consiste à mettre du chlore gazeux dans l'eau avant décantation au niveau de la prise d'eau à l'aide d'un vaporisateur qui contient 4 résistances pour permettre au chlore d'agir à temps et décomposer les matières organiques.

La pré-chloration permet aussi d'oxyder certains corps qui existent dans l'eau (fer, manganèse, micro-organismes,...). Cette oxydation facilite les floculations, donne une bonne décantation et élimine le mauvais goût et odeur.

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

## 2. Coagulation-floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causés par des particules très petites dites particules colloïdales. Ces particules qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs puisque leurs concentrations est très stable, ces particules n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres.

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

### ■ Coagulation

La coagulation c'est une étape qui a une grande valeur et plus importantes dans le traitement des eaux de surface. La difficulté principale est de déterminer la quantité optimale de réactif à injecter en fonction des caractéristiques de l'eau brute, cette opération consiste à déstabiliser les particules en suspension c'est-à-dire de faciliter leur agglomération par la neutralisation des charges électrostatiques des particules colloïdales. En pratique ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produit chimique (Sulfate d'Alumine).

Les coagulants les plus utilisés sont :

- Le Sulfate d'Alumine  $Al_2(SO_4)_3, 18H_2O$ .
- Le Chlorure Ferrique  $FeCl_3$ .
- Le Sulfate Ferreux  $FeSO_4$ .



## ■ Flocculation

La flocculation a pour but 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 décantation. Le réactif utilisé dans la station est le poly-électrolyte.

### 3. Décantation



**Figure 5 : décanteur**

La décantation est une méthode de séparation des matières en suspension et les colloïdes rassemblés en floc, après l'étape de coagulation-flocculation.

Lors de la décantation, les particules dont leur densité est supérieure à celle de l'eau, vont s'accumuler au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur. Ces dernières seront éliminées du fond du bassin périodiquement.

Les décanteurs utilisés à la station sont au nombre de six, chacun possède un débit à traiter de  $900 \text{ m}^3/\text{h}$ . L'eau sera ensuite passée vers les filtres qui enlèveront les petites particules qui n'ont pas sédimenté ou décanter.

### 4. Filtration



**Figure 6 : filtre à sable**

Elle consiste à supprimer les floccs non éliminés par la décantation, à l'aide d'un milieu filtrant (filtre à sable) d'une hauteur de 0,95m et d'une porosité de 0,85mm. L'eau traverse un lit de sable par des pores, l'espace inter-granulaire se réduit ; alors, il faut faire un lavage au filtre afin d'avoir des bonnes résultats. Ce traitement doit réduire la turbidité de l'eau à des valeurs inférieures ou égales à 0.5 NTU (Unité néphélogétrie de turbidité).

## **5. Désinfection**

La désinfection est une post-oxydation visant à éliminer les micro-organismes pathogènes : bactéries, virus et parasites, ainsi que la majorité des germes banals moins résistants. En eau potable, elle est assurée par des oxydants chimiques tels que le chlore (qui est utilisée dans cette station), le dioxyde de chlore, l'ozone et dans un certain nombre de cas, par un procédé chimique comme le rayonnement UV. Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposée contaminée.

Après désinfection, l'eau est devenue potable et prêt à être acheminée vers le réservoir de Bâb El Hamra de la RADEEF.



## Analyses de la qualité de l'eau

On sait à quel point est important d'avoir de l'eau propre et potable à sa disposition.

La seule façon de connaître la qualité de cette eau est de la faire analyser par un laboratoire. Car ces analyses sont importantes pour les raisons suivantes :

- Elle permet de définir les problèmes existants.
- Elle garantit une eau potable sûre.
- Elle permet de vérifier l'efficacité des systèmes de traitement.

Nous avons fait quatre essais pour chaque paramètre :

- ❖ 1ère essai : 17/04/17
- ❖ 2ème essai : 25/04/17
- ❖ 3ème essai : 03/05/17
- ❖ 4ème essai : 12/05/17

### I. Paramètre organoleptiques

L'eau doit être agréable à boire, claire, fraîche et sans odeur. C'est principalement par ces aspects que le consommateur apprécie la qualité d'une eau. Ce sont les paramètres de confort.

#### 1. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes dans l'eau. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

#### 2. Odeur

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

#### 3. Gout



Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives et de sensibilité chimique commune perçue par les organes gustatifs lorsqu'ils sont en contact avec l'eau à tester.

## II. Analyses physiques

### 1. Turbidité



Figure 7 : turbidimètre.

La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau. Elle est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdes : argiles, limons, matières organiques, etc. l'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace.

En laboratoire, elle est mesurée par le turbidimètre, son unité est le NTU.

- Pour l'eau décanté :  $\leq 5$  NTU.
- Pour l'eau filtrée :  $\leq 0,5$  NTU.

#### Principe :

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



## Résolution :

Nous avons effectué des mesures de la turbidité :

Essai N° :	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
1	53	2.8	0.3	0.32
2	56	3.0	0.35	0.21
3	48	3.3	0.32	0.4
4	50	2.7	0.4	0.43

**Tableau 1 : résultats de turbidité obtenus.**

- La station de traitement Ain Nokbi vise à produire une eau traitée qui a une turbidité inférieure ou égale à 0,5 NTU, cela démontre l'efficacité de la station de traitement.
- La turbidité d'eau filtrée ne doit pas dépasser 0,5 NTU sinon les filtres nécessitent un lavage.
- La turbidité d'eau décantée ne doit pas dépasser 5 NTU sinon les décanteurs nécessitent une purge des boues qui se trouvent au fond.

## 2. Température

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz. Elle conditionne les équilibres de dissociations. Elle agit sur la conductivité électrique et le pH. Elle influe sur la densité, la viscosité, la tension de vapeur saturante à la surface, la solubilité de gaz, les réactions chimiques et biochimiques, l'effet catalytique des enzymes et la teneur en oxygène dissout.

Nous avons effectués des mesures de Température en °C (dans chaque essai nous avons fait la mesure à 9h du matin), Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Essai N° :	1	2	3	4
Température en °C	23.1	22.8	22.9	23.2

**Tableau 2 : mesure de Température.**

## 3. Le PH-mètre



Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est en fonction de la concentration des ions  $H_3O^+$  contenus dans l'eau.

Dans les eaux naturelles, Le pH peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Pour les eaux destinées à l'alimentation humaine, le pH doit être situé entre 6.5 et 8.5.

#### ✚ Principe :

La mesure de pH d'une eau se fait par mesure potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre en déterminant l'activité des ions hydrogènes par utilisation d'une électrode de verre et d'une électrode de référence au calomel plongeant dans la même solution. La différence de potentiel existant entre ces deux électrodes donne une valeur qui s'affiche sur l'écran de l'appareil, c'est le pH de l'échantillon.



Figure 8 : pH-mètre

#### ✚ Résultats :

Nous avons effectuées des mesures de pH :

Essai N° :	Eau brute	Eau traitée
1	8.01	7.5
2	7.9	7.39
3	7.83	7.44
4	7.88	7.38

Tableau 3 : résultats de pH obtenus.



Les valeurs de pH de l'eau traitée sont inférieures à celle de l'eau brute, cette diminution est due au traitement.

#### 4. Conductivité



Figure 9 : conductimètre.

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Un ion est un atome (constituant de base de matière) ou un groupe d'atomes qui possède une charge électrique positive (+) ou négative (-). Ainsi, plus l'eau contient des ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sodium ( $\text{Na}^+$ ), potassium ( $\text{K}^+$ ), bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ), et le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée. La conductivité électrique s'exprime en micro-siemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

#### ✚ Résultats :

Les résultats de la conductivité réalisés sont représentés dans le tableau suivant :

Essai N° :	Eau brute	Eau traité
1	1044	1038
2	1022	1018
3	1025	1020
4	1027	1021

Tableau 4 : mesure de conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).



### III. Analyses chimiques

#### 1. Détermination de l'alcalinité : TA et TAC

L'alcalinité est la mesure de la capacité de l'eau à neutraliser les acides. Elle est influencée par la présence des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), des carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et des hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ). Elle est déterminée par le calcul de deux titres :

##### ■ Titre alcalimétrique TA

Le titre alcalimétrique TA correspond à la neutralisation des ions  $\text{OH}^-$  et à la transformation de la moitié des ions  $\text{CO}_3^{2-}$  en  $\text{HCO}_3^-$  par un acide fort en présence d'un indicateur coloré (phénolphthaléine).

Les réactions mises en jeu :



Le TA est donné par la formule :  $\text{TA (még/l)} = \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$

##### ■ Titre alcalimétrique complet TAC

Le titre alcalimétrique complet TAC correspond à la neutralisation des ions  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  par un acide fort en présence d'un indicateur coloré (l'hélianthine).

Les réactions mises en jeu :



Le TAC est donné par la formule :  $\text{TAC (még/l)} = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$

⚡ Mode opératoire :



On introduit 100 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer, puis on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine.

- S'il y a apparition d'une coloration rose c'est-à-dire que le  $\text{pH} > 8,3$  ( $\text{TA} \neq 0$ ), on passe au dosage avec HCl jusqu'à décoloration de la solution par HCl correspond à la neutralisation des ions  $\text{OH}^-$  et à la transformation de la moitié des ions  $\text{CO}_3^{2-}$  en  $\text{HCO}_3^-$ .
- S'il n'y a aucune coloration  $\text{pH} < 8,3$ , donc le TA est nul. Dans le même échantillon ayant servi pour la détermination de TA, on ajoute quelques gouttes de l'hélianthine, et on le titre par HCl (N/10) jusqu'à virage du jaune au jaune-orange de la solution.

#### 📌 Résultats :

Détermination du TA :  $\text{TA (en méq/l)} = V \text{ (ml) versé}$

Détermination du TAC :  $\text{TAC (en méq/l)} = V' \text{ (ml) versé}$

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 effectuées des mesures de TA et TAC :

Les valeurs du TA ont été nulles dans toutes les mesures, car le pH de l'eau brute n'a pas dépassé 8.3.

Essai N° :	Eau brute	Eau traitée
1	5.3	5
2	5.25	4.9
3	5.4	5
4	5	4.8

**Tableau 5 : résultats de TAC obtenus.**

Le TAC diminue lors du passage de l'eau brute à l'eau traitée, car il y'a une diminution des concentrations des ions  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{CO}_3^-$ .

## 2. Titre hydrotimétrique (dureté de l'eau)



La dureté est principalement causée par la présence de calcium et de magnésium dans l'eau et elle est exprimée en mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . En général, la dureté carbonatée est définie par la concentration dans l'eau des cations  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  qui sont associés aux anions de l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ )

#### ✚ Principe :

Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  présentés 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.

#### ✚ 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 et on titre par l'EDTA jusqu'au virage du rose au bleu.

#### ✚ Expression des Résultats :

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

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

### 3. Dureté calcique

Le principe est le même que pour la détermination de la dureté totale. C'est la concentration en ion  $\text{Ca}^{2+}$ , 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, en utilisant le calcon comme indicateur.

#### ✚ Expression des résultats :

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

### 4. Dureté magnésien

Elle est calculée à partir du titre hydrotimétrique et de la dureté calcique :

$$\text{Teneur en } \text{Mg}^{2+} \text{ (mg/l)} = [(\text{TH még/l}) - (\text{Ca}^{2+} \text{ még/l})] \times 12.15$$



## 5. Oxydabilité

La présence des matières organiques dans l'eau provoque l'existence et la prolifération des micro-organismes qui peuvent être pathogènes, l'oxydabilité exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la majeure partie de la matière organique ainsi des sels minéraux oxydables.

### ✚ Principe :

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

L'addition d'acide oxalique permet la réduction de permanganate de potassium en excès. On procède un titrage en retour par le permanganate de potassium. Les réactions mises en jeu sont :



La réaction de dosage:



### ✚ Mode opératoire:

On Porte à l'ébullition 100 ml d'eau additionnée de 2 ml d'acide sulfurique de 95% à 97% et on ajoute 10 ml de permanganate de potassium N/100 et on maintient à ébullition pendant 13 min, ensuite on refroidie rapidement et on fait la réduction des ions  $\text{MnO}_4^-$  en  $\text{Mn}^{2+}$  par l'ajout d'1 ml d'une solution d'acide oxalique N/100, et on titre l'excès par le permanganate de potassium N/100.

### ✚ Résultats :

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

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

Les résultats se représentent comme suit :



Essai N° :	Eau brute	Eau traité
1	2	0.8
2	1.4	0.3
3	1.87	0.9
4	2.1	1

**Tableau 6 : résultats d'oxydabilité obtenus.**

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

## 6. Test d'aluminium

L'aluminium ne présente pas de caractère de toxicité lorsqu'il est retrouvé dans l'eau de distribution. Des quantités massives d'aluminium sont utilisées pour le traitement de l'eau sans conséquences toxicologiques.

Le niveau guide de la concentration d'aluminium dans l'eau destinée à la consommation humaine est fixé 0.05 mg/l. la concentration maximale admissible étant de 0.2 mg/l.

### Mode opératoire :

- Prendre 5ml de l'échantillon dans chacun des deux flacons, A c'est l'essai et B c'est blanc ;
- Ajouter une spatule d'Al-1 dans A et mélanger ;
- Ajouter 1.2 ml d'Al-2 dans A ;
- Ajouter 4 gouttes d'Al-3 dans A et mélanger.
- La lecture finale se fait après 7min.



**Figure 10 : la boîte d'aluminium.**



# Coagulation-floculation

## I. La demande en chlore

Le chlore est un désinfectant puissant utilisé pour le traitement de l'eau potable à la station de Fès. Il permet d'éliminer les matières organiques en excès dans l'eau destinée à la production d'eau potable. Il est employé essentiellement sous forme de chlore gazeux ou d'hypochlorite de sodium (eau de javel), doté d'un pouvoir oxydant très important.

Dans l'eau, le chlore libre se trouve sous trois formes d'états en équilibre : l'acide hypochloreux (HOCl), l'ion hypochlorite ( $\text{ClO}^-$ ) et l'ion chlorure ( $\text{Cl}^-$ ).  $\text{Cl}_2$  se dismute en milieu légèrement acide et milieu neutre selon 1 réaction suivante :



Les concentrations respectives de ces trois formes dépendent du pH et de la température.

C'est essentiellement l'acide hypochloreux qui est le composé le plus active dans le mécanisme de la désinfection parce qu'il est plus oxydant, c'est pourquoi il est aussi appelé chlore active, il est majoritaire en milieu acide.

Avant d'étudier l'essai de coagulation-floculation, il faut déterminer la quantité de chlore à utiliser au cours de l'opération.

La demande en chlore correspond à la dose nécessaire pour obtenir la teneur résiduelle recommandée, après le temps de contact nécessaire. Cette dose est déterminée par la méthode de break point.

Au laboratoire avant de déterminer le break point, il faut d'abord déterminer le degré chlorométrique d'eau de javel.

### 1. Détermination de degré chlorométrique d'eau de javel

#### Principe :

En milieu acide, l'ion hypochlorite se transforme en chlore qui va oxyder l'iodure d'une solution d'iodure de potassium. L'iode libéré est dosé par une solution titré de thiosulfate de sodium.



### **⚡ Réactifs :**

- Solution d'iodure de potassium (KI à 10%) exempte d'iode libre.
- Solution d'acide acétique (CH<sub>3</sub>COOH) 9N.
- Solution de thiosulfate de sodium (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) N/10.
- Empois d'amidon.

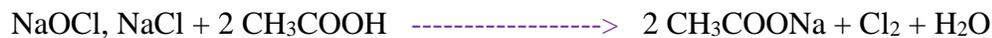
### **⚡ Mode opératoire :**

Dans un erlenmeyer, on introduit successivement :

- 1 ml de l'eau de javel.
- 10 ml de solution d'iodure de potassium.
- 10 ml de solution d'acide acétique.
- On titre l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium jusqu'à décoloration.

### **⚡ Les réactions mises en jeu avec interprétations:**

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



- Les equations d'oxydo-reductions :



- D'après ces deux équations, on obtient l'équation globale :



C'est une méthode indirect qui nous permet de connaître Cl<sub>2</sub> à partir de I<sub>2</sub> puisque :

$$n(\text{Cl}_2) = n(\text{I}_2)$$

On titre par thiosulfate de sodium jusqu'à décoloration (l'incolore dû à la présence des ions I<sup>-</sup>).

- Les équations apparentes lors de ce titrage sont :





Equation globale :



## 2. Expression des résultats

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

$$[\text{Eau de javel}] = \text{Tb} \times 3.55 \text{ (g/l)}$$

## 3. Détermination de 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 250 ml, que l'on numérote. On introduit dans chacun des flacons 100 ml d'eau à analyser, puis on ajoute des quantités connues de solutions chlorés, croissantes de flacon en flacon, de façon à avoir des concentrations précises en chlore actif.
- On laisse les flacons à l'obscurité pendant 30 min après les avoir bouchés et agités.
- Au bout de 30 min (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.

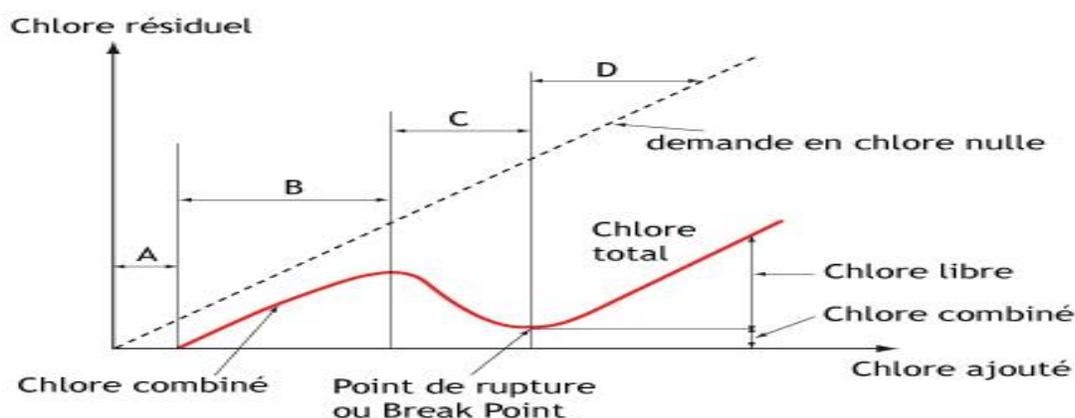


Figure 11 : chloration au break point.

- Zone A : destruction du chlore par des composés minéraux (fer, manganèse...);



- Zone B : formation de composés chlorés organiques et chloramine, réduction des mono-chloramines et di-chloramines, formation des tri-chloramines ;
- Zone C : destruction des chloramines par ajout de chlore supplémentaire, break point (point de rupture), les mono, di et tri-chloramines ont pratiquement disparu ;
- Production de chlore actif. Tout le chlore ajouté sera sous forme d'acide hypochloreux (HOCl), mais il reste du chlore libre.

Nous avons effectué des essais, les résultats sont dans le tableau suivant :

N° de flacon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cl <sub>2</sub> injecté en mg/l	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
Cl <sub>2</sub> résiduel en mg/l essai 1	0.1	0.4	0.8	1.2	2.2	1.5	0.7	1	1.2	1.5	1.8	2.4
Cl <sub>2</sub> résiduel en mg/l essai 2	0.4	0.8	1.3	1.6	1.2	1	1.4	2	3.2	3.6	3.8	4
Cl <sub>2</sub> résiduel en mg/l essai 3	0.2	0.5	0.7	1	1.4	1.1	0.7	1.3	1.9	2.8	3.3	3.6
Cl <sub>2</sub> résiduel en mg/l essai 4	0.1	0.45	0.7	1.2	1.6	1.3	0.8	1.5	1.8	2.7	3.5	3.8

Tableau 7 : valeurs du chlore résiduel obtenu.

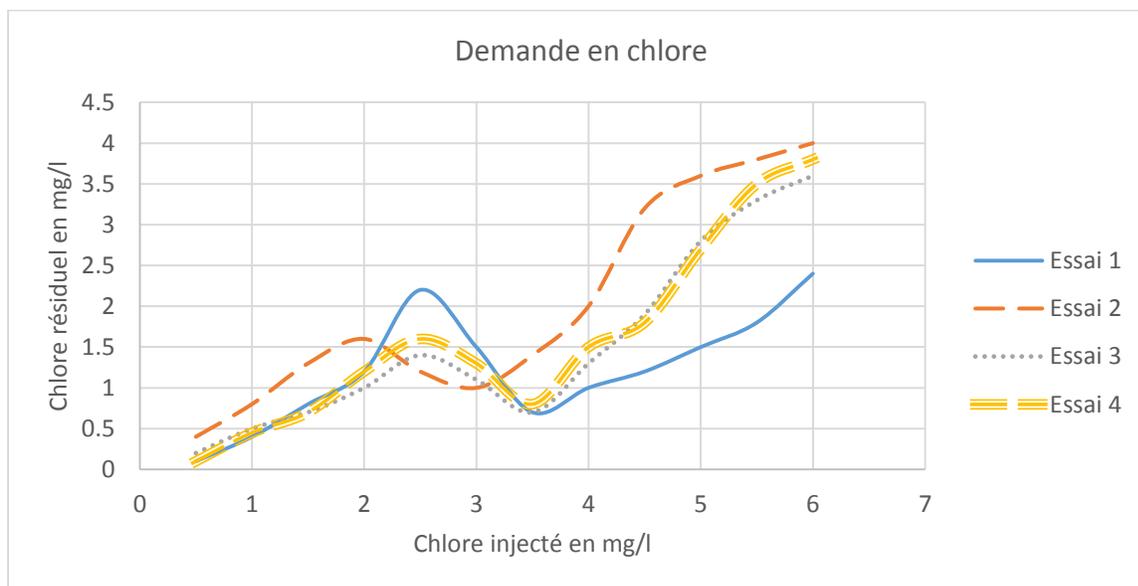


Figure 12 : demande en chlore.



La quantité du chlore a injecté correspond au break point :

	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4
Pré-chloration en mg/l	3.5	3	3.5	3.5

**Tableau 8 : la dose du chlore à injecter.**

## II. JAR-TEST

### 1. Principe

L'essai de jar-test consiste à rechercher au laboratoire les conditions optimales de floculation et de décantation par la détermination des doses de réactifs (coagulant, floculant ...).

### 2. Objectif

L'essai a pour but de déterminer la nature et les doses probables des réactifs permettant de clarifier l'eau dans la station de traitement. Il faut réaliser l'essai le plutôt possible après le prélèvement à une température voisine de celle que possédera effectivement l'eau au cours de son traitement industriel.

Le procédé adopté par le laboratoire consiste à suivre les étapes suivantes :

- Pré-chloration par la dose du chlore déterminée par la demande en chlore et relative au break-point ;
- Injection du sulfate d'alumine avec des doses variantes ;
- Amélioration de l'essai par l'utilisation d'adjuvant de floculant : poly-électrolyte.

### 3. Matériel

- un floculateur de laboratoire avec 6 agitateurs à hélice par moteur électrique à vitesse variable et continu ;
- 6 béciers peuvent contenir 1 litre d'eau à traiter ;
- Verrerie de laboratoire ;
- Papier-filtre bande blanche.

### 4. Réactifs

- solution mère d'eau de javel ;



- solution intermédiaire d'eau de javel de concentration 1g/l qu'on ajoute dans les béchers ;
- solution intermédiaire d'eau de javel de concentration 0.1 g/l qu'on utilise pour la demande en chlore ;
- solution de sulfate d'alumine comme coagulant de concentration 10 g/l ;
- solution de poly-électrolyte comme flocculant de concentration 0.1 g/l.

## 5. Mode opératoire

Avant de démarrer le jar-test, un certain nombre de déterminations doivent être réalisées sur l'eau brute :

- Le pH ;
- La turbidité ;
- La température de l'eau au moment du prélèvement en °C ;
- L'alcalinité ;
- L'oxydation à chaud en milieu acide ;
- La demande en chlore de l'eau à traiter avec relevé du chlore correspond au break-point éventuel.

Ces déterminations préliminaires permettent de faire une première idée sur les réactifs à employer. Ces analyses doivent également juger de l'efficacité des réactifs par comparaison avec les résultats obtenus après traitement.

- Dans chacun de 6 béchers, on verse 1 litre d'eau brute et on les place sur le banc de flocculateur ;
- On agite l'eau rapidement pendant 5 min ;
- 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 de 120 tours/min ;
- On ajoute rapidement au 6 béchers des quantités croissantes du coagulant et après le dernier bécher, on maintient l'agitation rapide pendant 2 min ;



- Après, on diminue l'agitation à 40 tours/min, on ajoute le poly-électrolyte et on maintient l'agitation lente pendant 20 min ;
- Après l'agitation lente, on note l'aspect des floccs de 0 à 10 ;
- On arrête l'agitation, on relève les hélices d'agitation et on laisse décanter pendant 30 min ;
- 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 (eau décantée) ;
- On passe le surnageant de chacun des béchers sur du papier filtre bande blanche 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. 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. La valeur maximale admissible de la teneur en aluminium dans une eau de boisson ne doit pas dépasser 0.2 mg/l.

#### L'aspect du flocc à la fin d'agitation lent

0	2	4	6	8	10
Pas de flocc	Légère opalescence	Petits points	Floccs de tailles moyennes	Bon flocc	Excellent flocc

**Tableau 9 : aspect du flocc**

## **6. Critères de choix de la dose optimale de traitement c'est-à-dire le meilleur bécher**

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

- Taille des floccs  $\geq 6$  ;



- Turbidité de l'eau décantée < 5 NTU ;
- Turbidité de l'eau filtrée sur papier bande blanche < 0.5 NTU ;
- pH de floculation entre 7 et 7.40 ;
- Oxydabilité à chaud < 2 mg/l ;
- Aluminium < 0.2 mg/l.

### III. Analyse de l'eau brute

Avant d'entreprendre chaque essai de Jar-Test, on doit effectuer des analyses physico-chimiques de l'eau brute. Les résultats obtenus sont dans le tableau suivant :

Eau brute	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4
pH	8.01	7.9	7.83	7.88
Turbidité en NTU	53	56	48	50
TA	0	0	0	0
TAC	5.3	5.25	5.4	5
Oxydabilité en mg/l	2	1.4	1.87	2.1
Température	23.1	22.8	22.9	23.2
Demande en chlore en mg/l	3.5	3	3.5	3.5

**Tableau 10 : caractéristique de l'eau brute.**



## Essai N° : 1

On a fait ce test pour but de déterminer la dose optimale de coagulant en absence de floculant, c'est pour cela on a injecté des doses croissantes de sulfate d'alumine. Les résultats de cet essai sont dans le tableau suivant :

Béchers	1	2	3	4	5	6
Pré-chloration en mg/l	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Coagulant en mg/l	30	40	50	60	70	80
pH	7.79	7.61	7.48	7.39	7.33	7.25
Turbidité décanté NTU	5.54	4.92	3.61	2.55	2.48	2.44
Turbidité filtrée NTU	0.44	0.38	0.33	0.27	0.24	0.19
Oxydabilité en mg/l	1.92	1.76	1.68	1.60	1.44	1.28
TAC	5.7	5.45	5.30	5.25	5.20	5.1
Aspect du floc	0	2	4	6	6	6
Chlore résiduel en mg/l	0.85	0.8	0.7	0.7	0.8	0.75
Al <sup>3+</sup> résiduel en mg/l	0.2	0.2	0.2	0.12	0.12	0.07

**Tableau 11 : optimisation du coagulant en absence de floculant.**

D'après les critères de choix du meilleure bécber de l'eau traitée, on a :

- Les 3 premiers béchers ont un aspect des floccs < 6, donc à éliminer ;
- Les 3 derniers béchers présentent les meilleurs caractéristiques car ils respectent les critères de sélections.

On va choisir le bécber N°4 puisqu'il contient moins de coagulant de point de vue qualitatif et quantitatif.

Donc la dose optimale du sulfate d'alumine est 60 mg/l.



## Essai N° : 2

On a fait ce test pour but de déterminer la dose optimale de flocculant en présence d'une dose fixe de coagulant (sulfate d'alumine). Pour cela on a injecté une dose fixe du coagulant et des doses croissantes de flocculant (poly-électrolyte). Les résultats obtenus sont les suivantes :

Les béchers	1	2	3	4	5	6
Pré-chloration en mg/l	3	3	3	3	3	3
Coagulant en mg/l	60	60	60	60	60	60
Flocculant en mg/l	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
Turbidité décanté en NTU	2.25	2.07	1.87	1.68	1.21	0.9
Turbidité filtré en NTU	0.29	0.25	0.21	0.19	0.20	0.18
pH	7.41	7.39	7.38	7.39	7.37	7.40
TAC	5.45	5.4	5.3	5.3	5.3	5.3
Aspect des floccs	4	8	8	8	8	8
Oxydabilité en mg/l	0.58	0.71	0.64	0.68	0.73	0.79
Chlore résiduel en mg/l	0.8	0.75	0.8	0.7	0.7	0.5
Al <sup>3+</sup> résiduel en mg/l	0.2	0.12	0.12	0.12	0.12	0.07

**Tableau 12 : optimisation de la dose de flocculant.**

D'après les résultats qu'on a obtenus dans le tableau ci-dessous et d'après les critères de choix, le meilleur béccher est le N° : 2, car il respecte toutes les normes souhaitées.

Donc la dose optimale du flocculant est 0.1 mg/l. c'est la valeur injecté dans le traitement au niveau de la station pendant les périodes normales pour obtenir des bonnes floccs.

- Demande en chlore : entre 3 et 4 mg/l.
- Sulfate d'alumine : 50 et 70 mg/l.
- Poly-électrolyte : 0.1 mg/l.

Ce sont des valeurs dans les conditions normales.



### Essai N° : 3

Pour optimiser la dose du sulfate d'alumine en présence du floculant, on a injecté des doses croissantes du coagulant et une dose fixe du floculant. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Les béchers	1	2	3	4	5	6
Pré-chloration en mg/l	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Coagulant en mg/l	30	40	50	60	70	80
Floculant en mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Turbidité décanté en NTU	4.5	3.9	3.1	2.4	2.2	2.0
Turbidité filtré en NTU	0.52	0.44	0.40	0.33	0.30	0.27
pH	7.72	7.60	7.51	7.40	7.32	7.24
TAC	5.6	5.4	5.1	4.8	4.7	4.5
Aspect des floes	4	4	6	8	8	8
Oxydabilité en mg/l	1.98	1.87	1.64	1.59	1.45	1.24
Chlore résiduel en mg/l	0.65	0.65	0.7	0.7	0.7	0.60
Al <sup>3+</sup> résiduel en mg/l	0.2	0.12	0.12	0.12	0.07	0.07

**Tableau 13: optimisation de coagulant en présence de floculant.**

Les résultats obtenus et les critères de choix montrent que le meilleur béccher choisi sera le béccher N° : 4, car il respecte toutes les normes souhaitées.

### Essai N° : 4

Pendant cet essai, après 2 min d'une agitation rapide de 120 tours/min, on va augmenter la vitesse d'agitation à 60 tours/min au lieu de 40 tours/min pendant 20 min. les résultats obtenus sont dans le tableau suivant :



Les béchers	1	2	3	4	5	6
Pré-chloration en mg/l	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Coagulant en mg/l	30	40	50	60	70	80
Floculant en mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Turbidité décanté en NTU	5.4	4.6	3.9	2.9	2.6	2.3
Turbidité filtré en NTU	0.65	0.56	0.51	0.45	0.38	0.31
pH	7.75	7.62	7.51	7.44	7.30	7.22
TAC	5.5	5.1	4.9	4.7	4.6	4.5
Aspect des floes	2	4	4	6	6	6
Oxydabilité en mg/l	1.92	1.84	1.68	1.60	1.44	1.28
Chlore résiduel en mg/l	0.75	0.65	0.7	0.7	0.65	0.7
Al <sup>3+</sup> résiduel en mg/l	0.2	0.2	0.12	0.07	0.07	0.07

**Tableau 14 : résultats de l'essai 4.**

- Les 3 premières béchers à éliminer : aspect des floes < 6 et turbidité filtrée > 0.5.
- Le bécher 4 ne respecte pas le critère du pH, donc à éliminer.
- le meilleur bécher est le N° : 5

#### **comparaison entre l'essai 3 et l'essai 4**

- Les paramètres des 2 essais sont les mêmes sauf la vitesse de floculation :

L'essai 3 = 40 tours/min et l'essai 4 = 60 tours/min.

- Le fait d'augmenter la vitesse de floculation conduit à produire des floes fragiles qui se cassent facilement dans l'essai 4, ainsi que les résultats de l'essai 3 sont meilleurs que ceux de l'essai 4.

Donc il est préférable d'utiliser une vitesse d'agitation lente de 40 tours/min pour ne pas produire des floes trop petits ou trop légers.



## ✚ Résultats des meilleurs

Essai	1	2	3	4
Pré-chloration en mg/l	3.5	3	3.5	3.5
Coagulant en mg/l	60	60	60	70
Turbidité décanté en NTU	2.55	2.07	2.4	2.6
Turbidité filtrée en NTU	0.27	0.25	0.33	0.38
pH (eau décantée)	7.39	7.39	7.40	7.30
TAC	5.25	5.4	4.8	4.6
Aspect des floccs	6	8	6	6
Oxydabilité en mg/l	1.60	0.71	1.59	1.44
Chlore résiduel en mg/l	0.7	0.75	0.7	0.65
Al <sup>3+</sup> résiduel en mg/l	0.12	0.12	0.12	0.07

**Tableau 15 : comparaison des meilleurs béchers.**

D'après la comparaison entre ces résultats, on remarque qu'il y a les meilleures valeurs pour la plupart des paramètres, ce qui justifie les conditions optimales qu'on a établies.

Au cours de cette expérience qui comporte 4 essais, on a démontré que la clarification de l'eau brute est améliorée lorsqu'on utilise le coagulant et avec une vitesse de floculation lente pour ne pas risquer de briser les floccs qui posent un problème de filtration dans la station de traitement, puisque ces petites particules arrivent jusqu'au filtres ce qui nécessite des lavages fréquents pour ces derniers et nécessite l'ajout d'un flocculant qui sert à améliorer la qualité de l'eau décantée et par suite l'eau filtrée.



## CONCLUSION

L'eau que nous utilisons est en général impropre à la consommation à l'état naturel. Il convient donc de la clarifier, de la traiter et de la désinfecter dans des stations de traitement avant son arrivée au robinet.

Pour une eau potable, l'eau passe par plusieurs étapes de traitement à savoir la coagulation, la floculation, la décantation, la filtration et la désinfection dans le but d'assurer aux consommateurs une eau potable saine et propre.

Nous avons essayé au cours de ce travail de décrire les différentes étapes de traitements des eaux d'Oued Sebou, et surtout l'étape de coagulation-floculation qui a été bien explicité vu à l'intérêt qu'elle représente dans le procédé de traitement.

Ce stage m'a permis de suivre toutes les opérations que l'eau subit de son état brut à son état potable et d'optimiser les doses de coagulant, floculant et la vitesse d'agitation pour les appliquer à l'échelle industrielle dans l'objectif de produire une eau potable de bonne qualité.