

Licence Sciences et Techniques (LST)

# GENIE CHIMIQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

Traitement des eaux de surface :

Optimisation de PH de coagulation avec le Sulfate d'Alumine

Présenté par :

◆ Elhilouani Salma

Encadré par :

◆ Mr Ikechtan Brahim (ONEE)

◆ Pr Kandri Rodi Youssef (FST)

Soutenu Le 7 Juin 2018 devant le jury composé de:

- Pr Kandri Rodi Youssef

- Pr Ouazzani Chahdi Fouad

- Pr Misbahi Houria

Stage effectué à l'ONEE-Branche eau Rabat

Année Universitaire 2017 / 2018

## SOMMAIRE :

<b>INTRODUCTION :</b> .....	3
Présentation de l'ONEE Branche Eau :.....	4
Missions de l'ONEE : .....	4
Organisation de l'ONEE – Branche eau .....	5
1 / Les directions régionales de l'ONEE – Branche eau:.....	5
2/ L'organigramme de l'Office National del'Electricité et l'eau potable – Branche eau : .....	5
3/ Présentation de la direction du contrôle qualité des eaux (DCE).....	5
<b>Chapitre 1 : Généralités</b> .....	6
I.Cycle de l'eau .....	8
II.Origine des eaux brutes .....	9
1 /Eaux de surface .....	9
2/ Eaux souterraines .....	9
III.Caractérisation d'eaux de ressources.....	10
1/Prélèvement des eaux (surface).....	10
2/Conservation et conditionnement des eaux.....	10
3/Caractérisation.....	10
3.1 Eléments majeurs : constituent les éléments qui prédominent l'eau on y trouve : .....	10
3.2 Element traces : .....	11
3.3 Composés azotés et phosphatés.....	11
3.4 Bactéries / matières organiques :.....	11
IV.Normes de potabilité de l'ONEE .....	12
V.Prétraitement et traitement des eaux brutes.....	13
5.1 Procédé de prétraitement.....	13
5.1.1 Dégrillage : .....	13
5.1.2 Tamisage .....	13
5.1.3 Dessablage.....	14
5.1.4 Débourage .....	14
5.2 Procédés de traitement .....	14
5.2.1 Pré-chloration.....	14
5.2.2 Coagulation .....	15

5.2 .3 Flocculation.....	17
5.2.4. Décantation.....	17
5.2.5. Filtration : .....	17
5.2.6. La désinfection : .....	17
<b>Chapitre 2 : Matériels et méthodes</b> .....	<b>18</b>
I. Analyses physiques .....	18
I.1.Température .....	18
I.2.Potentiel hydrogène (PH).....	18
I.3.Turbidité.....	19
II. Les analyses chimiques .....	20
II.1. Chlore résiduel.....	20
II.2. Alcalinité .....	20
II.3.Oxydabilité .....	21
II.4. Essai de demande de Chlore. ....	22
II.5.Jar test (essai de flocculation) .....	24
II .6.Paramètre mesuré par kit .....	26
<b>Chapitre 3 : Résultats et interprétation.....</b>	<b>27</b>
Caractérisation des eaux brutes .....	28
Essai de demande en chlore .....	28
Optimisation du pH de coagulation et flocculation .....	29
Essai 1 : pH=7,50 .....	30
Essai 2 : pH=7,00 .....	31
Essai 3 : pH=6,50 .....	32
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>34</b>

## Liste des figures

Figure 1: Organigramme général de l'ONEE branche eau .....	5
Figure 2: Organigramme de la direction de contrôle de qualité des eaux .....	6
Figure 3: Différents étapes du cycle de l'eau.....	8
Figure 4:Étapes de traitement de l'eau.....	13
Figure 5: Concentration de chlore résiduel en fonction de chlore injecté.....	14
Figure 6: courbe représentant l'évolution de la forme de chlore en fonction de ph .....	15
Figure 7: zone de solubilité d'aluminium en fonction de ph .....	16
Figure 8:Mécanisme d'apparition des floes .....	17
Figure 9: pH mètre .....	18
Figure 10: Turbidimètre .....	19
Figure 11: comparateur de chlore en lumière du jour .....	20
Figure 12: Appareil d'oxydabilité.....	22
Figure 13: Courbe de demande en chlore (BP) .....	24
Figure 14: Appareil de jar test.....	25
Figure 15: kit de mesure d'aluminium.....	26
Figure 16: Courbe de la demande ne chlore(BP) .....	29
Figure 17: Histogramme comparatif des résultats.....	33

## Liste des tableaux

Tableau 1: les normes d'acceptabilité et règles de bonne pratique de l'ONEE(Branche eau) .....	12
Tableau 2: Résultats de caractérisation partielle de l'eau brute.....	28
Tableau 3: Résultats de la demande en chlore .....	28
Tableau 4: volume d'acide sulfurique injecté .....	30
Tableau 5: Résultats de l'essai de Jar-Test à pH=7,5 .....	30
Tableau 6:Résultats de l'essai de Jar-Test à pH=7 .....	31
Tableau 7: Résultats de l'essai de Jar-Test à pH=6,5 .....	32
Tableau 8: Comparaison de résultats des trois essais.....	33

## Liste d'abréviation

**L'ONEE** : L'Office National de l'Eau Potable

**REI** : régie d'exploitation industrielle

**DCE** : Direction du contrôle qualité des eaux

**T.A** : Le titre alcalimétrique

**T.A.C** : Le titre alcalimétrique complet

**BP** : Break-point

**NTU** : Unité de Turbidité Néphélométrie

**VMA** : Valeur maximale admissible

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

*A mon plus beau destin dans la vie ma chère mère,*

*Qui sans elle je ne pourrais jamais être ce que je suis aujourd'hui et si je vois toujours ma vie en rose car c'est elle la rose qui orne ma vie. C'est elle qui m'a offert les plus beaux cadeaux dont toute personne rêve : le savoir, l'amour et l'espoir.*

*Je lui dis merci même si cela ne suffit jamais pour tout ce qu'elle a fait et continue à faire.*

*Je souhaite que Dieu lui procure une longue vie.*

*A ma famille, mes cousins,*

*Eux qui m'ont soutenue dans les moments difficiles tout au long de mes études et grâce à eux j'ai eu de beaux souvenirs d'enfance plein d'amour fraternel.*

*A tous mes collègues et ami(e)s,*

*Pour les moments agréables et inoubliables que nous avons passés ensemble*

# Remerciements

*Au terme de ce travail, mes vifs remerciements vont à Madame LAARAKI laila Chef de la Division du Traitement des Eaux au sein de l'ONEE qui m' a accordé ce stage dans son entité.*

*Je tiens à remercier en particulier mes encadrants :*

*- Monsieur IKECHTAN Brahim au Laboratoire de traitement des eaux de surfaces à l'ONEE, pour les conseils précieux qu'il m'a apportés, et qui ont été très précieux pour structurer ce travail et pour améliorer sa qualité.*

*-Monsieur KANDRI RODI Youssef mon cher professeur du département de chimie pour son temps, orientation, encouragement et sa précieuse supervision afin de réussir à présenter mon projet d'une meilleure image.*

*Je voudrais également exprimer mes vives gratitude et mes sincères remerciements à Monsieur ELOTHMANI Mohammed, Monsieur LATIFI Khalid, Monsieur FOUTLANE Mohammed et Monsieur ELBAKOURI pour leur aide et leur soutien tout au long de mon stage.*

*Je Remercie aussi toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.*

*Je remercie également tous les membres du jury Monsieur OUZZANI Chahdi Fouad et Madame MISBAHI Houria qui m'ont fait l'honneur d'évaluer ce travail en espérant qu'il soit à la hauteur de leurs attentes.*

*Merci.*

# INTRODUCTION

L'eau, le liquide vital qui ne s'expire jamais. Cette combinaison entre un atome d'Oxygène et deux atomes d'Hydrogène donne une molécule qui est indispensable à la survie de tout être vivant ; Humain, animal ou végétal.

L'eau recouvre 75% de la surface du globe terrestre c'est pour cela qu'elle est surnommée la planète bleue. Elle provient des glaciers, des nappes souterraines ou encore des sources. Le reste provient des eaux de surface que constituent les lacs et les rivières. Ces eaux trouvées dans la nature sont souvent impropres à être consommées. On trouve qu'elles sont constituées en majeure partie de matières dissoutes et de matières en suspension, car lors de leur circulation dans l'air, dans le sol ou à la surface de la terre, ces eaux dissolvent des matières minérales (sels), matières organiques (moins solubles) ou des gaz, comme elles peuvent entraîner avec elles des particules solides insolubles comme l'argile ou des organismes vivants.

Ainsi cette eau brute doit acheminer vers une station afin de recevoir une chaîne de traitement physico-chimique ou biologique définie par les normes de potabilité pour la rendre propre à la consommation humaine avant d'être distribuée dans les réseaux d'adduction.

L'étude du traitement des eaux brutes ne peut aboutir sans la connaissance de plusieurs axes, c'est pourquoi ce travail est divisé en trois parties :

- Présentation de tous les aspects de l'ONEE, d'un point de vue générale et organisationnelle pour mieux cerner son fonctionnement.
- L'exposition dans la partie théorique de tout ce qui concerne le matériel et les méthodes utilisées lors du traitement des eaux brutes.
- la partie pratique, consacré au sujet étudié, qui porte sur l'optimisation de pH de coagulation en variant la quantité de coagulant lors d'essai de floculation, ceci dans le but de déterminer le pH optimum de coagulation permettant d'aboutir à la meilleure qualité du produit avec une faible dose injectée du coagulant

## **Présentation de l'ONEE Branche Eau :**

l'Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable (ONEE) est la nouvelle fusion, mise en œuvre le 17/11/2011, de l'Office National de l'Electricité (ONE) et L'Office National de l'Eau Potable(ONEP) ou régie d'exploitation industrielle (REI) comme appelé auparavant. Cette dernière est un établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle du ministère des mines, de l'eau et de l'environnement .Créé en 1972 selon le dahir N° 172 103 du 03 avril 1972

L'ONEE assure à tous les stades de la production, du transport et de la distribution des ressources hydriques du pays, la surveillance de la qualité des eaux sur les plans physico-chimiques, bactériologiques et biologiques. Cette surveillance, destinée à protéger la santé du consommateur, comporte la caractérisation de la qualité des eaux des ressources en vue de définir, le traitement de potabilisation adéquat.

### **Missions de l'ONEE :**

- ✘ Planification et l'étude de l'approvisionnement en eau potable (AEP) à l'échelle nationale et la programmation des projets
- ✘ Production de l'eau potable et surveillance de sa qualité
- ✘ Gestion de l'assainissement liquide
- ✘ Gestion de la production de l'eau potable et assurance à la distribution pour le compte des communes qui le souhaitent.
- ✘ Contrôle de qualité des eaux produites et distribuées et la pollution des eaux.

## Organisation de l'ONEE – Branche eau

### 1/ Les directions régionales de l'ONEE – Branche eau:

L'ONEE – Branche eau se compose d'une direction centrale située à Rabat et neuf directions régionales à travers le royaume. On trouve : la direction régionale du Sud (AGADIR), de TENSIFT (MARRAKECH), de l'Ouest (KENITRA), du Centre (MEKNES), du Centre (FES), de l'Orientale (OUJDA), des coordinations des Provinces sahariennes (LAAYOUNE), du Nord (TANGER) et du Centre (KHOUREBGA).

### 2/ L'organigramme de l'Office National de l'Electricité et l'eau potable – Branche eau :

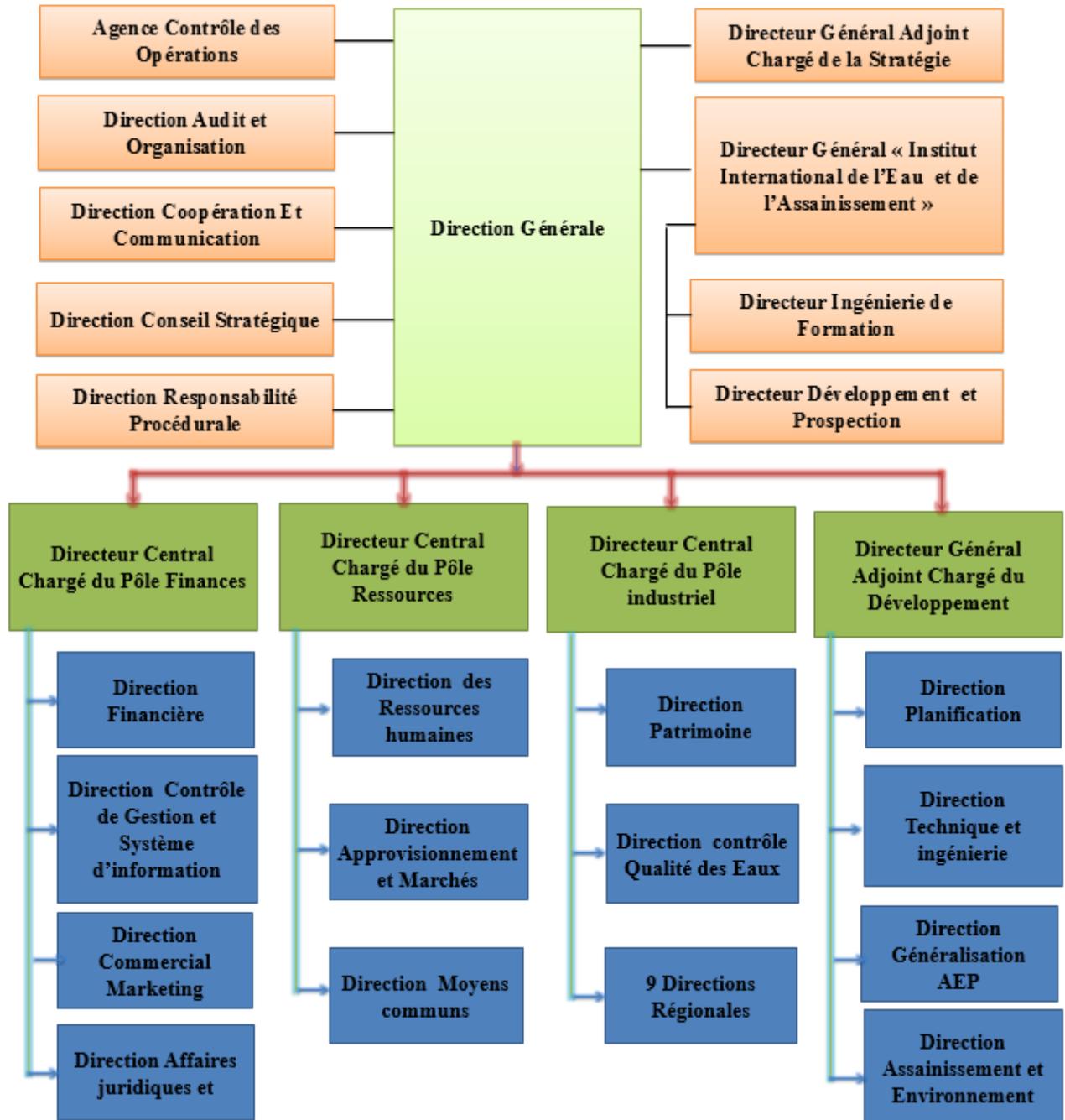


Figure 1: Organigramme général de l'ONEE branche eau

### 3/ Présentation de la direction du contrôle qualité des eaux (DCE)

Le contrôle de la qualité des eaux est assuré par la direction contrôle qualité des eaux (DCE), qui se divise en plusieurs divisions, elles-mêmes constituées de plusieurs services. Les activités de la DCE s'articulent autour des axes suivants :

- 💧 La surveillance régulière de la qualité des ressources en eau, des eaux produites et distribuées avec un réseau de 57 laboratoires décentralisés de l'ONEE répartis à travers tout le Royaume ;
- 💧 La définition et le suivi des filières de traitement de l'eau destinée à l'alimentation humaine et des filières d'épuration des eaux usées ;
- 💧 Le contrôle de la pollution des eaux utilisées ou susceptibles de l'être pour l'alimentation en eau potable ;
- 💧 Le développement des méthodes d'analyses, des procédures de maîtrise de la qualité et de l'exploitation des résultats d'analyses.

Le laboratoire central est, en outre, le premier laboratoire national à être accrédité par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec dans le domaine des analyses des eaux, y compris l'analyse microbiologique. Pas moins de 26 domaines ayant trait au contrôle ont été passés au crible par les experts canadiens.

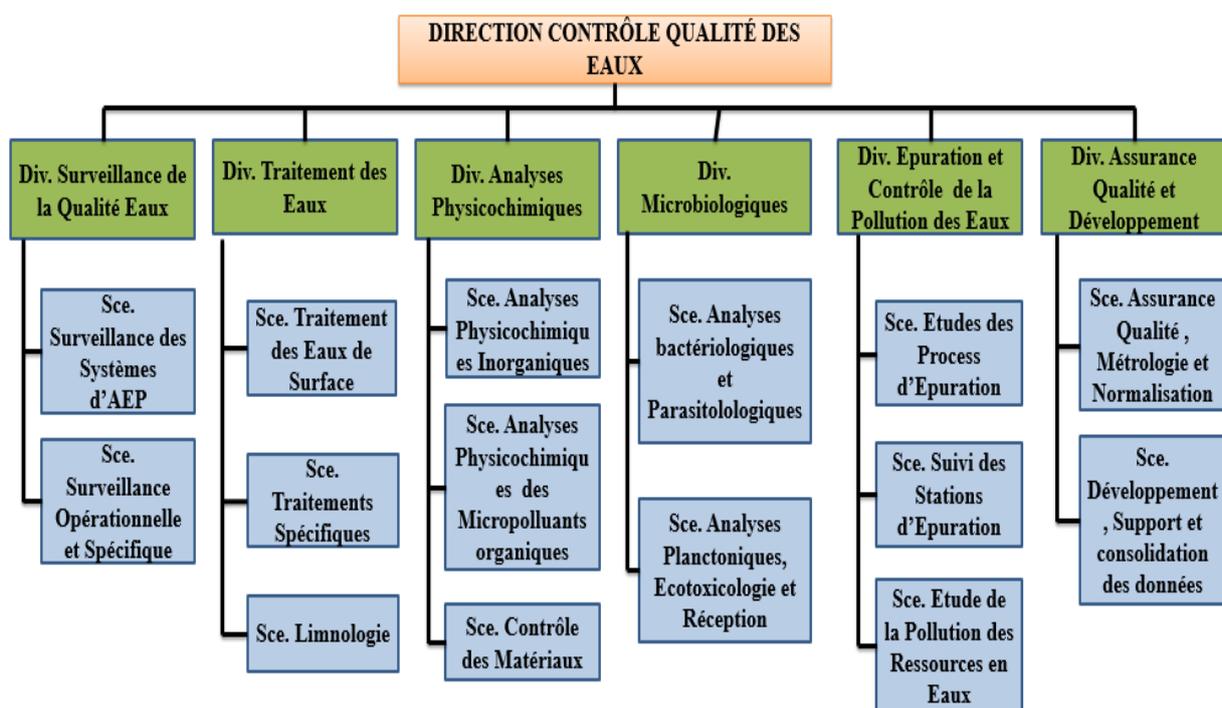


Figure 2: Organigramme de la direction de contrôle de qualité des eaux

**PARTIE**

**BIBLIOGRAPHIQUE**

# Chapitre I : Généralités

L'eau ou l'oxyde de dihydrogène est un composé chimique simple avec des propriétés complexes à cause de sa polarisation. Sa formule chimique est  $H_2O$ . Elle se trouve partout sur la terre, c'est le milieu de vie de la plupart des êtres vivants. Elle se trouve en général sous forme de plusieurs réservoirs ; nappes, lacs, océans, rivières, barrage ou bassins formant un pourcentage de 70 % de la terre d'où (67% d'eau salée et 3% d'eau douce)

Au cours de son passage du haut au bas de la terre, l'eau rencontre une transformation d'état à la présence de plusieurs facteurs (Soleil, Température, Pression...); pour cela on trouve qu'elle est rencontrée dans la nature sous 3 états :

- 💧 Liquide : la pluie, l'eau des lacs, des mers et rivières à **température ambiante**
- 💧 Solide : le verglas et la grêle **au-dessous de 0°C**
- 💧 Gaz : la vapeur de l'eau **au-dessus de 100°C**

Ce parcours dans les différents réservoirs est résumé dans un cycle nommé : **le cycle de l'eau**

## I. Cycle de l'eau

C'est une boucle fermée sans point de départ qui présente le chemin traversé par les molécules d'eau présentés généralement dans les stades suivants : l'évaporation, la condensation, la précipitation et l'écoulement.

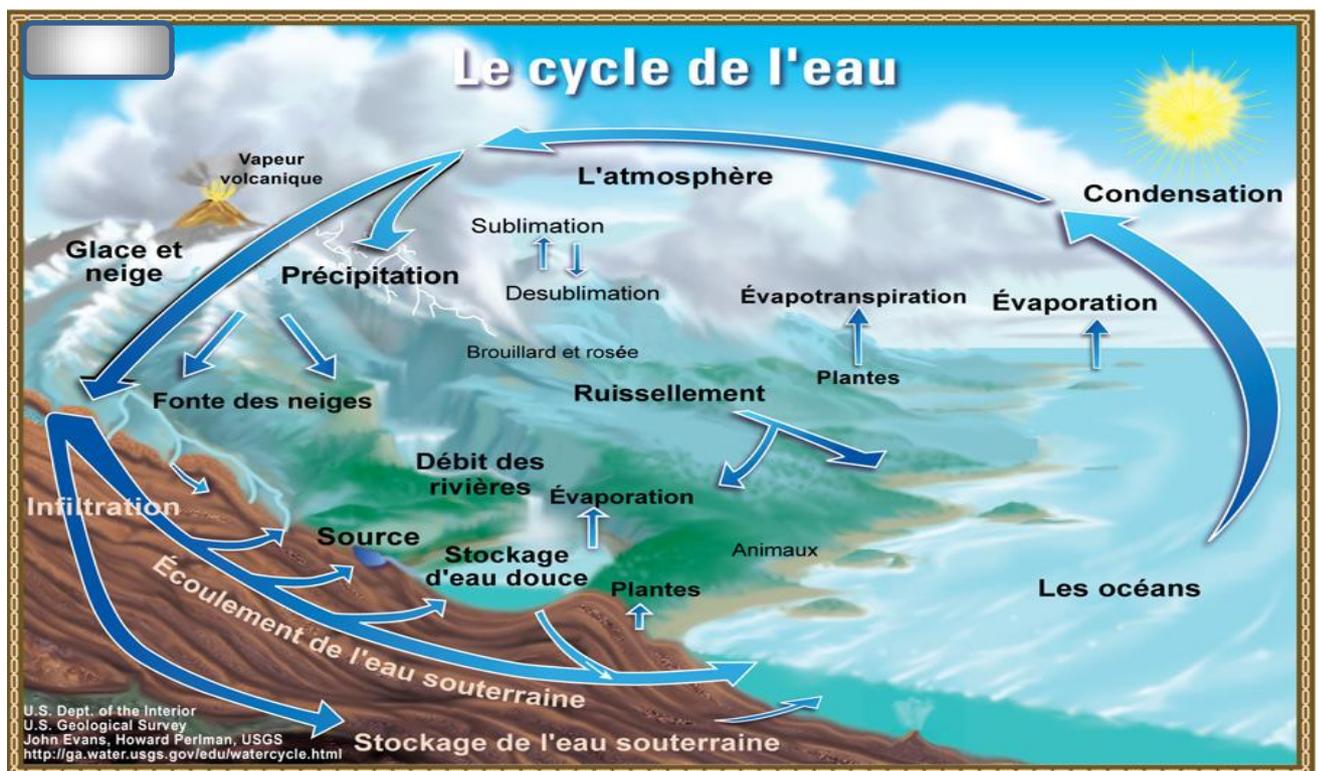


Figure 3: Différents étapes du cycle de l'eau

Dans l'écoulement on trouve deux parcours d'eau différents c'est le ruissèlement et l'infiltration.

**Le ruissellement** : c'est le phénomène qui présente l'écoulement des eaux sur la surface des sols, des eaux de pluie et de celle de la fonte des neiges. Il est conditionné par l'importance de l'érosion hydrique, la présence de la pente et l'imperméabilité du sol contacté.

**L'infiltration** : c'est un processus par lequel l'eau pénètre le sol à partir de la surface perméable du sol ou du substrat. La vitesse de l'infiltration dépend de la nature du sol et sa teneur en eau

## II. Origine des eaux brutes

On trouve deux principaux ressources en eaux qui sont présentés dans ; les eaux de surfaces et les eaux souterraines. Les caractéristiques générales de chacune de ces ressources reflètent l'interaction eau- milieu environnant.

### II.1 Eaux de surface

Sont les eaux superficielles qui se trouvent à la surface ou proche de la surface du sol. Elles sont souvent en contact direct avec l'atmosphère, ce qui les rend riches en oxygène donc une présence des matières organiques ainsi que des matières en suspension

#### Caractéristiques :

💧 **Turbidité / matières en suspension** : variable, parfois élevées selon la pluviométrie, la nature des terres à son voisinage et sa composition en sel minéraux.

💧 **O<sub>2</sub>** : variable (proche à la saturation dans les eaux propres, absent dans les eaux polluées)

💧 **Fe et Mn** : absents

💧 **Micropolluants Organiques** : présents dans les eaux des régions industrialisées

### II.2 Eaux souterraines

Sont les eaux qui proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol. Celles-ci s'insinuent par gravité dans les pores, les microfissures et les fissures des roches ; humidifiant des couches de plus en plus jusqu'à rencontrer une couche imperméable. A ce moment elle s'accumule, formant un réservoir d'eau souterraine appelé aquifère.

## Caractéristiques :

💧 **Turbidité / matières en suspension** : faible

💧 **O<sub>2</sub>** : absent

💧 **Fe et Mn** : présent

💧 **Micropolluants Organiques** : absents sauf suite d'une pollution accidentelle

## III. Caractérisation des eaux de ressources

Pour bien arriver à définir la technique et la filière de traitement à utiliser, les eaux brutes font l'objet d'une étude et d'un suivi de l'évolution de la qualité des eaux pendant une période donnée.

### 1/Prélèvement des eaux de surface

Le prélèvement des eaux de surfaces se fait par une prise d'eau superficielle soit de robinet, barrage, rivière, ou de mer afin de réaliser un échantillonnage homogène et représentatif du site de prélèvement le plus possible.

### 2/Conservation et conditionnement des eaux

Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients propres, rincés avec l'eau à analyser, puis fermés hermétiquement sans entrainement d'air ni provocation d'un dégazage, après conservés dans des chambres à température ambiante et loin des rayons solaires pour le préserver de la dégradation et le délai entre le prélèvement et l'analyse doit être court.

### 3/Caractérisation

#### 3.1 Eléments majeurs : constituent les éléments qui prédominent l'eau on y trouve :

**Les bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)** : les bicarbonates sont présents dans la composition de la plupart des eaux de surface. C'est la mesure du pH qui permet de déterminer la présence de ces éléments.

**Les chlorures (Cl<sup>-</sup>)** : la teneur en chlorures des eaux est extrêmement variée selon la nature des terrains traversés. A partir d'une quantité de 250 mg /L les chlorures donnent une saveur désagréable

**Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)** : toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.), sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par une oxydation biologique.

La quantité de nitrates dans l'eau varie selon la saison et l'origine des eaux

**Les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)** : la concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable comme elle peut dépasser 300mg/l dans les zones contenant du gypse.

**Le sodium ( $\text{Na}^+$ )** : c'est un élément constant de l'eau. Il peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les silicates de sodium ou des eaux salées dans les nappes aquifères.

**Le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )** : c'est l'élément naturel le plus abondant dans l'eau. Il provient d'érosion des roches comme le calcaire ou des minéraux comme la calcite. Il a comme effet de bloquer l'adsorption des métaux lourds et accroître la masse osseuse.

**Le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )** : le magnésium est un élément abondant dans les eaux saumâtres, il provient aussi d'érosion des roches comme la dolomite ou des minéraux comme la magnésite. Dans l'eau potable le magnésium peut avoir un effet laxatif surtout si la concentration de sulfate de magnésium est supérieure à 700mg/L.

### 3.2 Élément traces :

On y trouve les métaux lourds et les pesticides :

**Les métaux lourds** : (Fe, Cu, Mn, Zn, Ni, Cd, Pb, Hg, Cr)

**Les pesticides** par substance à ne pas dépasser 0,5 microgrammes /L

### 3.3 Composés azotés et phosphatés

**Composés azotés** : Proviennent de la décomposition de la matière organique par les microorganismes, ils sont minéralisés en azote gazeux. Cet azote se trouve sous forme de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).

**Composés phosphatés (Ortho-phosphate  $\text{PO}_4^{4-}$ )** : sont les éléments nutritifs pour les végétaux et induisent donc une prolifération des algues dans les eaux de surface. Ils proviennent soit des engrais transportés par ruissèlement, les matières fécales humaines et animales et les détergents.

### 3.4 Bactéries / matières organiques :

**Bactéries** : la plupart des bactéries qui prédominent sont les coliformes fécaux streptocoques fécaux, Micro-organismes revivifiants soit les bactéries coliformes aérobiques ou anaérobiques

**Matières organiques** : la plupart des microorganismes composés en carbone, hydrogène, oxygène sont généralement des matières en suspension qui causent la pollution et interviennent dans les différents paramètres comme la turbidité et l'oxydabilité.

### 3.5 Composés organoleptiques

Les composés organoleptiques influencent le goût et l'odeur.

✗ **Le goût** : salé ou aigre est occasionné par les molécules ioniques tandis que le goût sucré et amers est généralement attribuable à des molécules organiques.

✗ **L'odeur** : est décrite par l'intensité (faible, modéré ou fort).

Parmi les principaux corps qui donnent à l'eau une saveur désagréable on trouve : le fer, le magnésium, le chlore actif. La saveur se dégrade avec l'augmentation de la température.

## IV. Normes de potabilité de l'ONEE

Les exigences auxquelles doit satisfaire la qualité d'eaux de l'alimentation humaine nécessite la présence de normes bien déterminées. Cette eau doit être agréable à boire, elle ne doit contenir en quantité dangereuse ni micro-organismes ni substances chimiques nocives pour la santé. Alors qu'elle doit satisfaire aux exigences de qualité spécifiées des paramètres biologiques, physico-chimiques ou microbiologiques.

Parmi les normes de paramètres physico-chimiques :

**Tableau 1: les normes d'acceptabilité et règles de bonne pratique de l'ONEE(Branche eau)**

PARAMETRES	EXPRESSION DES RESULTATS	VMA	COMMENTAIRES
Turbidité	Unité de turbidité	5	
Turbidité filtré	néphélométrie (NTU)	0,5	
Température	°C	Acceptable	
Potentiel hydrogène	Unités pH	$6,5 < \text{pH} < 8,5$	Pour que la désinfection de l'eau par le chlore soit efficace, le pH doit être de préférence $< 8$
Aluminium	Al : mg/L	$< 0,2$	
Fer	Fe : mg/l	0,3	
Oxydabilité	O <sub>2</sub> : mg O <sub>2</sub> /l	5	La valeur de 2 mg O <sub>2</sub> /l doit être respectée au départ des installations de traitement

Les valeurs mesurées des échantillons recueillis ne devraient pas être supérieures aux valeurs présentées dans le tableau précédent. Au cas où, quelques paramètres présentent un dépassement. Là, une nécessité d'un traitement est imposée.

## V. Prétraitement et traitement des eaux brutes

### Objectifs du traitement d'eau brute

A partir des valeurs paramétriques des qualités des eaux superficielles, on peut citer les objectifs du traitement comme suit :

- Elimination des matières en suspension, des matières colloïdales et du micro-organisme qui représente des objectifs prioritaire ;
- Elimination des matières organiques et des micros polluant organiques
- Elimination des matières minérales dissoutes indésirables On peut envisager plusieurs techniques de traitement de l'eau brute d'après sa qualité :

Si la quantité des matières en suspension est **supérieure** à 2g/l, l'eau brute passe d'abord par l'étape de prétraitement ensuite elle passe au traitement.

Si la quantité des matières en suspension est **inférieure** à 2g/l, l'eau brute passe directement au traitement.

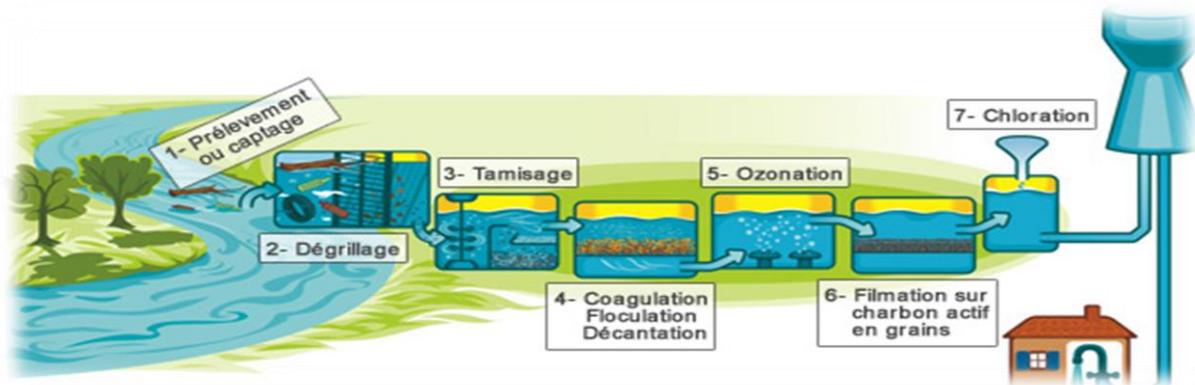


Figure 4:Etapes de traitement de l'eau

#### 5.1 Procédé de prétraitement

C'est un traitement préliminaire qui permet d'alléger les traitements ultérieurs. C'est une phase de traitement qui permet d'extraire de l'eau brute, la plus grande quantité des matières en suspension, des matières organiques, des gaz ou d'autres qui gênent l'efficacité du traitement proprement dit.

Suivant la qualité de l'eau brute à traiter, on distingue :

##### 5.1.1 Dégrillage :

Le dégrillage a pour rôle de faire passer l'eau à travers des grilles qui retiennent les corps flottants et les gros déchets, Il s'agit d'un système de protection de la station d'objets susceptibles de provoquer un déboucheur dans les différentes unités de l'installation

##### 5.1.2 Tamisage

C'est un dégrillage fin (inférieur à 3 mm) qui permet à l'eau de traverser des mailles étroites (quelques  $\mu\text{m}$  à quelques dizaines de  $\mu\text{m}$ ) pour retenir des matières en suspension très fines.

### 5.1.3 Dessablage

C'est un prétraitement physique qui concerne les particules de granulométrie supérieure à 200  $\mu\text{m}$ . Il consiste à l'élimination des particules des sables et des graviers des eaux brutes afin d'éviter l'abrasion rapide des ouvrages et des équipements de traitement.

### 5.1.4 Débourageage

C'est une pré-décantation des matières en suspension pour éviter d'engorger les ouvrages de pompage et de traitement par les boues. Les débourbeurs ont une forme rectangulaire ou circulaire avec ou sans racleurs de boues.

Pour une concentration supérieure à 3 g/l, on ajoute des réactifs (le lait de chaux sulfate d'alumine) pour améliorer le rendement du décanteur.

## 5.2 Procédés de traitement

### 5.2.1 Pré-chloration

Cette opération se fait par l'injection du chlore gazeux ( $\text{Cl}_2$ ), elle a pour but d'oxyder la matière réductrice organique et minérale contenue dans l'eau brute à l'aide de plusieurs oxydants (Chlore, Eau de javel,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{O}_3$  ...). Elle s'effectue en amont de la chaîne de traitement.

Pour déterminer la dose optimale de chlore à injecter pour la pré-chloration, il faut donc étudier sa "demande de chlore" par des essais au laboratoire où l'on détermine le chlore restant ou "résiduel" au bout d'un temps de contact choisi

Le dosage du chlore libre peut se faire par colorimétrie : Le DPD ou NN-Diéthyl-Paraphénylène-Diamine qui réagit instantanément avec le chlore libre en donnant une couleur rose son intensité est proportionnelle à la teneur du chlore actif.

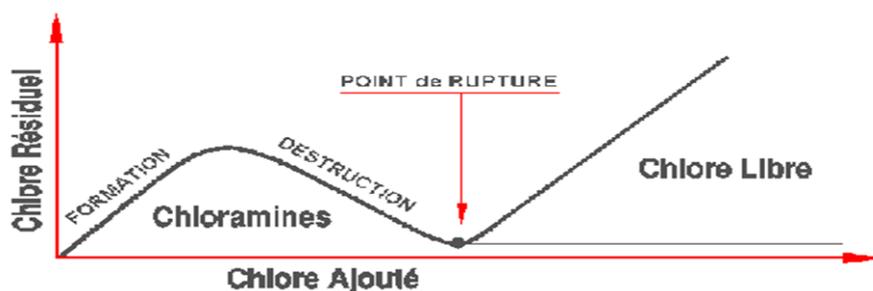
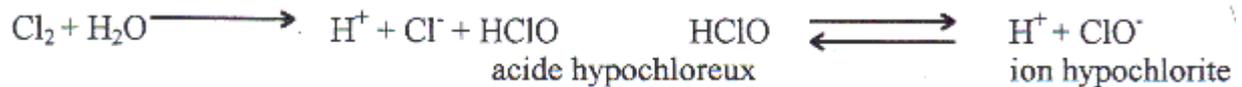


Figure 5: Concentration du chlore résiduel en fonction du chlore injecté

### Influence du pH sur le pouvoir oxydant du chlore :

On trouve que le chlore libre se trouve sous trois formes : l'acide hypochloreux ( $\text{HOCl}$ ), l'ion hypochlorite ( $\text{OCl}^-$ ) et l'ion chlorure ( $\text{Cl}^-$ ).

Réaction d'équilibre de base :



Le pouvoir oxydant d'une solution du chlore dépend de sa forme dans l'eau ; la forme moléculaire (HOCl) dont le pouvoir oxydant est important est prédominante à des pH neutre à acide, et la forme ionique (OCl<sup>-</sup>) dont le pouvoir oxydant est faible à nul, n'est prédominante qu'à des pH basique. En effet, le choix de la valeur pH de la pré-chloration et de la désinfection est important dans la chaîne du traitement des eaux.

#### ■ Evolution de la forme du chlore en fonction du pH

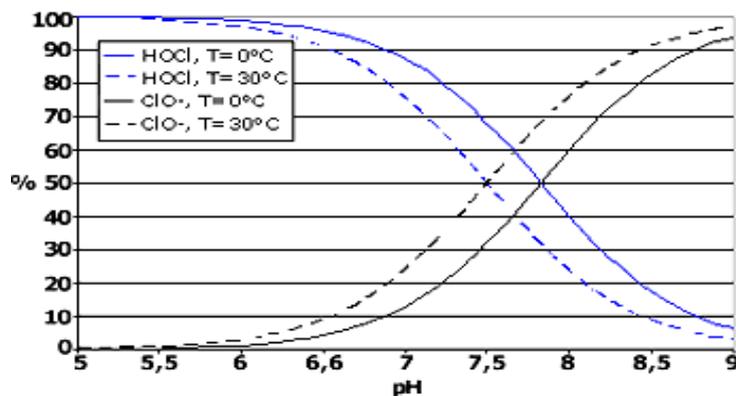


Figure 6: courbe représente l'évolution de la forme du chlore en fonction de ph

### 5.2.2 Coagulation

**La coagulation** : représente l'ensemble des mécanismes de déstabilisation d'une dispersion colloïdale menant à l'agglomération de ces particules sous forme de micro-flocs. Elle est considérée comme une opération conduisant à la réduction de la charge des colloïdes c'est-à-dire la réduction du potentiel zêta.

Elle consiste à introduire, dans l'eau, un produit capable de donner naissance à un précipité volumineux très absorbant qui est en général un hydrate métallique.

Les réactifs coagulants les plus communément employés sont : le sulfate d'alumine  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ; Le chlorure ferrique  $\text{FeCl}_3$  ; le sulfate ferreux  $\text{FeSO}_4$ .

- Dans cette étude on va se focaliser sur la coagulation avec le sulfate d'alumine  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . De nature l'aluminium se trouve dissous dans l'eau et l'emploi du sulfate d'alumine comme coagulant peut constituer un apport artificiel d'aluminium au cours de la clarification de l'eau. au cas de la non maîtrise de la filière de traitement, une fuite d'aluminium dissous peut se produire et donc causer une dégradation des qualités

physico-chimiques de l'eau distribuée (augmentation de la turbidité, dépôts dans les conduites, ...) due à un dépassement de la concentration maximale conseillée en aluminium qui doit être inférieure à **0,2 mg/L** selon les normes adaptée par l'ONEE .

La présence de l'aluminium en grande quantité dans l'eau peut causer des problèmes sanitaires graves chez le consommateur, ainsi une hypothèse est émise que ce métal peut être un facteur d'accélération de la maladie d'Alzheimer

### MÉCANISME DE LA COAGULATION PAR LE SULFATE D'ALUMINE

L'introduction du sulfate d'alumine dans l'eau à traiter conduit à la formation de polymères solubles et d'hydroxydes insolubles, la répartition entre ces deux espèces dépendant du pH de l'eau, et à la libération d'acidité, suivant les réactions suivantes :

$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \Rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$$

$$\text{Al}_3^{+} + 3\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^{+}$$

La solubilité de l'aluminium augmente avec :

- 💧 le pH
- 💧 la température de l'eau
- 💧 le taux de coagulant

Le pH optimal de coagulation-floculation pouvant varier de 6 à 7,4. La zone hachurée de la figure 1 donne l'ensemble des valeurs habituellement mesurées, la limite intérieure de la zone concerne les faibles dosages en coagulant. Il est à noter que dans tous les cas le minimum de solubilité correspond à un pH de l'ordre de 6,5.

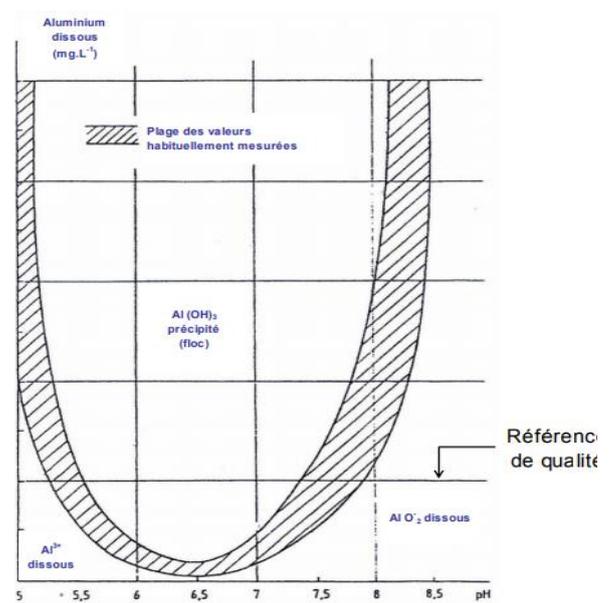


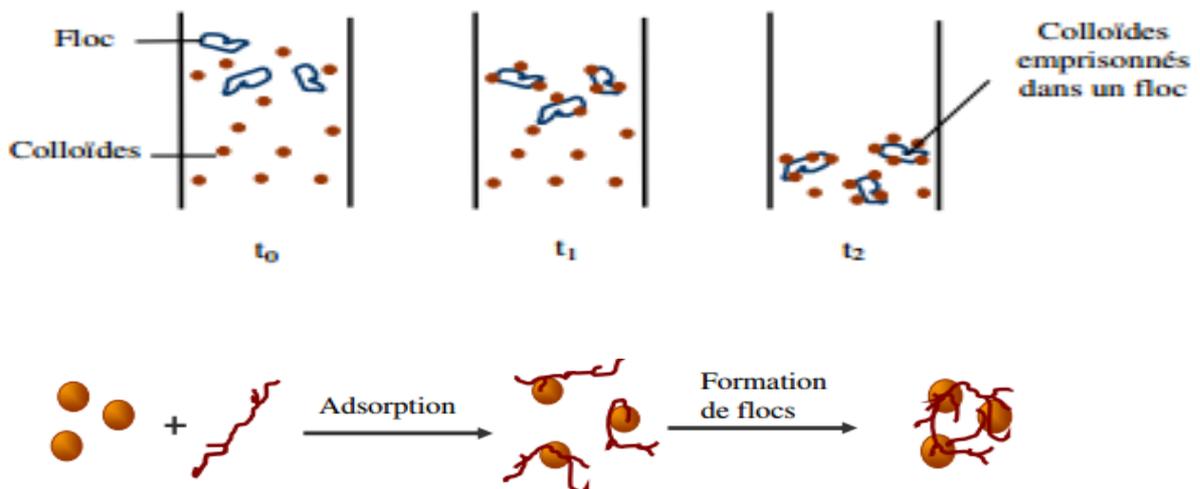
Figure 7: zone de solubilité d'aluminium en fonction de pH

Donc pour cela on fera une correction de l'eau pour maintenir des teneurs en aluminium les plus basses possibles, il convient de :

- Contrôler les caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute, toute modification de TAC ou de température entraînant une modification du pH optimum de floculation
- Effectuer des mesures au Jar-Test pour définir le pH optimum en fonction de la concentration résiduelle en aluminium, et de la turbidité, pour différents dosages du coagulant et des réactifs
- Réaliser la correction du pH pour atteindre l'équilibre après l'étape de filtration afin d'éviter la redissolution des hydroxydes retenus dans les filtres.

### 5.2.3 Floculation

La floculation est une étape fondamentale du traitement primaire de l'eau, au cours duquel des matières en suspension dans un liquide s'agglomèrent pour former des particules plus grosses, nommées floccs, en utilisant des agents dits flocculant. Les floccs sédimentent généralement beaucoup plus rapidement que les particules primaires dont ils sont formés. La floculation est accélérée par l'ajout d'un flocculant.



**Figure 8** : mécanisme d'apparition des floccs

### 5.2.4. Décantation

La décantation est une phase très importante dans le cycle de traitement de l'eau de surface, elle doit permettre d'éliminer à l'aide d'une floculation préalable toutes les matières colloïdales donnant à l'eau brute son aspect trouble.

La décantation se fait pendant 30 min et dépend de nombreux facteurs :

- 💧 La dimension, la forme et le poids du flocc ;
- 💧 La viscosité et la température de l'eau.

### 5.2.5. Filtration :

La filtration par le sable est l'une des méthodes de traitement de l'eau les plus anciennes. Un filtre à sable purifie l'eau, il est constitué par une couche de sable de qualité adéquate, à travers laquelle l'eau circule à vitesse relativement faible.

### 5.2.6. La désinfection :

C'est la dernière étape de traitement dont le but est d'éliminer tous les microorganismes qui pourraient être dangereux pour notre santé.

# Chapitre 2 : Matériels et méthodes

## I. Analyses physiques

### I.1. Température

#### Principe

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz et conditionne les équilibres de dissociation. Elle agit sur la conductivité électrique, le pH et la viscosité. La mesure doit être effectuée sur place au moment du prélèvement de l'échantillon.

#### Matériels

On utilise soit un thermomètre à mercure ou alcool soit une sonde pour mesurer la température.

### I.2. Potentiel hydrogène (pH)

#### Principe

Le principe est la détermination de l'activité des ions hydrogène. Le pH indique la concentration du milieu en ions hydrogène ( $H^+$ ). Selon la proportion de l'eau en ces derniers, il peut être neutre, basique ou acide.

#### Matériel :

La mesure de pH se fait à l'aide d'un pH-mètre qui est constitué d'un boîtier électronique et d'une sonde de pH constituée d'une électrode en verre et une électrode de référence. Son principe est basé sur la différence de potentiel qui apparaît aux bornes de la sonde à température constante 20°C



Figure 8: pH mètre

### I.3.Turbidité

#### Principe

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui peuvent absorber, diffuser et/ou réfléchir la lumière.

**Matériel :** Turbidimètre, cuvette, papier Joseph.



Figure 9: Turbidimètre

#### Mode opératoires :

- 💧 On rince la cuvette de mesure avec l'eau distillé.
- 💧 On remplit délicatement la cuvette jusqu'au trait avec l'eau à analyser et on la ferme avec le bouchon.
- 💧 On sèche l'extérieur de la cuvette avec un papier (papier Joseph) doux en évitant d'y laisser des empreintes de doigts.
- 💧 On place la cuvette dans le puits de mesure puis on ferme la cellule de mesure.
- 💧 On procède rapidement à la mesure afin d'éviter une sédimentation dans la cuvette.

➤ **Remarque :** *La Norme exigée de la turbidité colloïdale :*

- < 5 NTU pour l'eau décantée.
- < 0,5 NTU pour l'eau filtrée.



L'alcalinité d'une eau correspond à sa teneur en ions hydroxyde ( $\text{HO}^-$ ).

Deux cas peuvent se présenter : soit il produit une coloration rose, soit la solution reste incolore.

**a. S'il se produit une coloration rose :**

On dose alors le titre alcalimétrique.

- 💧 Remplir la burette avec de l'acide chlorhydrique  $\text{HCl}$  (0,1 N).
- 💧 Verser la solution d'acide, goutte à goutte, en ayant le soin de l'agiter entre chaque addition, jusqu'à décoloration.
- 💧 Noter le volume versé, puis procéder à la détermination du titre alcalimétrique complet.

**b. S'il ne se produit pas de coloration rose :**

(T.A = 0). Passer directement à la détermination du titre alcalimétrique complète.

**NB : Si le  $\text{pH} < 8.3$ , le TA est nul**

**Détermination le Titre Alcalimétrique Complet TAC :**

Ajouter au contenu de l'erenmeyer ayant servi à la détermination du titre alcalimétrique :

- 💧 2 gouttes d'Hélianthine, il se produit une coloration jaune.
- 💧 Verser goutte à goutte dans l'erenmeyer de la solution d'acide, jusqu'au virage au jaune orangé.
- 💧 Noter le volume versé.

Le T.A.C s'exprime en (m éq/L) ou en degré français \*F (tombée de burette \*5) suivant la relation :

❖  $\text{TAC} = V_e$  (m éq/L)       $V_e$  est le volume à l'équilibre

**II.3.Oxydabilité**

**Principe :**

L'oxydation chimique de matière organiques et des substances oxydables est effectuée par le permanganate de potassium à chaud pendant 13 minutes, ce test conventionnel permet de déterminer la teneur en matière organique en même temps que d'autres substances oxydables. On effectue un dosage en retour à chaud par le  $\text{KMnO}_4$  selon les réactions suivante :



La réaction de dosage est :



## Matériels

Bain marie, Ballon, Pipette, Eprouvette de 100 ml.



Figure 11: Appareil d'oxydabilité

## Mode opératoire

- 💧 Introduire 100 ml de l'échantillon dans un ballon
- 💧 Ajouter 2 ml d'acide sulfurique 95-97%
- 💧 Homogénéiser et fixer le réfrigérant, puis le porter à ébullition douce
- 💧 Ajouter 10 ml de la solution de permanganate de potassium 0.01N et laisser à ébullition pendant 13 min à 80°C au bain marie
- 💧 Ajouter 1 ml de la solution d'acide oxalique de normalité 1N et attendre la décoloration
- 💧 Titrer avec la solution de permanganate de potassium jusqu'à apparition d'une coloration rose persistante.

On note le premier volume versé de  $\text{KMnO}_4$  :  $V_1=10\text{ml}$  et le deuxième volume du dosage  $V_2$  et pour obtenir la valeur final on multiplie  $V_2$  fois 8 (mg/L) et 0,8 pour convertir le résultat du (ml/L) en (mg/L) qui vient selon la formule suivante :

$$\text{Oxydabilité} = (10 - V_1 + V_2/V_2) * 8(\text{mg/L})$$

➤ **Remarque :** *La valeur exigée de l'oxydabilité doit être  $\leq 2$  mg/L*

## II.4. Essai de demande de Chlore.

### Principe

L'expression internationale « break point » (point de rupture) est le « point bas » de la courbe obtenue en portant en ordonnées les teneurs résiduelles du chlore total et en abscisses les quantités du chlore ajouté. C'est le point à partir duquel l'eau brute ne consomme plus du chlore au bout de 30 mn du temps de contact.

Au laboratoire avant de déterminer le break point, il faut d'abord faire le titrage de l'eau de javel.

### Titration de l'eau de javel :

#### Réactifs

- 💧 Thiosulfate de sodium (0.1N).
- 💧 Eau de Javel (solution mère).
- 💧 Acide acétique (9N).
- 💧 Iodure de potassium KI (9N).

#### Mode de préparation :

Dans un Erlenmeyer de 250 ml, on introduit 1 ml de l'eau javel, 10 ml d'acide acétique et 10mL d'iodure de potassium est dosé avec le thiosulfate de sodium.

#### Résultat :

La concentration en chlore dans l'Eau de javel est donnée par l'équation :  $C \text{ (g/l)} = V_e * 3.55$

#### Préparation d'une solution fille de 0.1 g/l

On fait la dilution de l'eau de javel titré pour préparer une solution de 100 ml de  $C = 0,1 \text{ g/L}$ .

#### Déroulement de l'essai de demande en chlore

- 💧 On met dans des flacons bruns 100 ml de l'eau brute et on injecte des quantités croissantes de l'eau de javel titré
- 💧 On les laisse en contact pendant 30 minutes.
- 💧 On mesure la teneur du chlore
- 💧 On trace la courbe du chlore résiduel en fonction du chlore injecté.

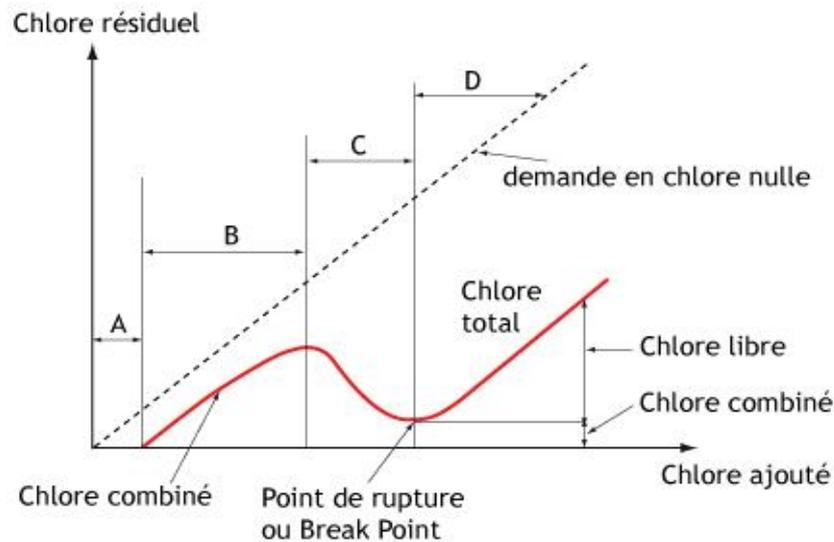


Figure 12: Courbe de demande en chlore (BP)

**0 à A** : consommation instantanée du chlore par les éléments minéraux ;

**B** : le taux de chlore résiduel croît car il y a une formation de chloramines selon les réactions :



**C** : le taux de chlore résiduel décroît pour atteindre le minimum appelé (BP), il arrive une destruction de chloramines :



**D**: Tout le chlore ajouté sera sous forme d'acide hypochloreux.

**NB** : L'allure de cette courbe de demande en chlore ne peut avoir lieu qu'en présence d'ammonium dans les eaux brutes, et l'analyse concerne le chlore résiduel total.

## II.5. Jar test (essai de floculation)

L'essai de Jar-test est une manipulation visant à déterminer la dose optimale du coagulant permettant le rabattement de la turbidité et de la matière organique

Son principe repose sur une variation des doses du coagulant dans une série de 6 béchers de 1 litre d'eau brute.



**Figure 13: Appareil de jar test**

### Réactifs

- 💧 Solution de sulfate d'alumine :  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  comme coagulant de concentration 10g/L.
- 💧 Solution d'eau de javel de concentration 10g/l qu'on ajoute dans les béchers.

Avant d'entreprendre le Jar-test, un certain nombre de mesures doivent être effectuées sur l'eau brute .Celles-ci concernent :

- La température, la turbidité, la turbidité colloïdale, le pH, la Conductivité, l'oxydabilité, la demande en chlore...

### Mode opératoire

- 💧 Dans chaque bêche, on verse 1 litre d'échantillon, puis on les place dans le flocculateur.
- 💧 On injecte la dose du chlore retrouvée par la demande en chlore dans les 6 béchers.
- 💧 On met en marche les hélices à une vitesse d'environ 120 tr /mn.
- 💧 On ajoute au différent échantillon, des quantités croissantes de coagulant.
- 💧 Après, on diminue, progressivement, l'agitation jusqu'à 40 tr /mn pendant 20mn (floculation).
- 💧 Pendant le déroulement du processus, on note le délai de l'apparition des floes, leurs aspects et l'estimation de la vitesse de décantation pendant une agitation lente.
- 💧 On relève les hélices, et on laisse décanter toutes les portions pendant 30mn dans les béchers (décantation).
- 💧 Ensuite, on détermine quelques paramètres physico-chimiques de l'eau décanté et de l'eau filtrée sur papier filtre.
- 💧 On choisit le meilleur béchers qui va faire l'objet de l'essai au marbre.

**Principaux réactifs coagulants :**

**Sulfate d'aluminium**

La gamme de pH optimale est de 5,8 à 7,2

**Chlorure ferrique**

La gamme de pH optimale est de 5,5 à 8,3

**NB : Le pH optimum de coagulation-floculation ne se fixe pas toujours à une valeur, mais se situe dans une plage de pH.**

**II .6.Paramètre mesuré par kit**

**Test d'aluminium :**

**Principe**

C'est un test qui sert à détecter l'absence ou la présence d'aluminium dans l'eau traitée.

**Matériel :** kit d'aluminium



**Figure 14: kit de mesure d'aluminium**

**Mode opératoire :**

En Prend 5 ml de l'échantillon, on ajoute une spatule de (Al-1A) et 1,2 ml de (Al-2A) et 4 gouttes de (Al-3A), La lecture finale des résultats se fait après **7min.**

Chaque couleur correspond à une valeur et la variation des couleurs varie entre : jaune, verte, bleu

*La norme de potabilité exige une teneur en aluminium dans les eaux traitées  $\leq 0,2$  mg/L*

**Partie**

**Expérimentale**

## Chapitre 3 : Résultats et interprétation

La caractérisation partielle des eaux brutes est une étape primordiale. Elle consiste à la détermination des paramètres physico-chimiques capables d'influencer sur le traitement. Ces paramètres peuvent être la température, le pH, la turbidité, la turbidité colloïdale, l'alcalinité et l'oxydabilité.

Durant notre stage, en plus de la caractérisation des eaux brutes, des essais de demande en chlore et de Jar-test ont été effectués, et ce, afin de rendre l'eau conforme à la norme de potabilité.

### Caractérisation des eaux brutes

Avant de commencer les essais de traitement de l'eau brute, une caractérisation partielle a eu lieu. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2: Résultats de caractérisation partielle de l'eau brute**

Température en °C	20,0
pH	7,82
TA en (meq /l)	0,00
TAC en (meq/l)	3,50
Oxydabilité à chaude en mg/l d'oxygène	2,42
Turbidité de l'eau brute en N.T.U	88,2
Turbidité colloïdale en N.T.U	7,60

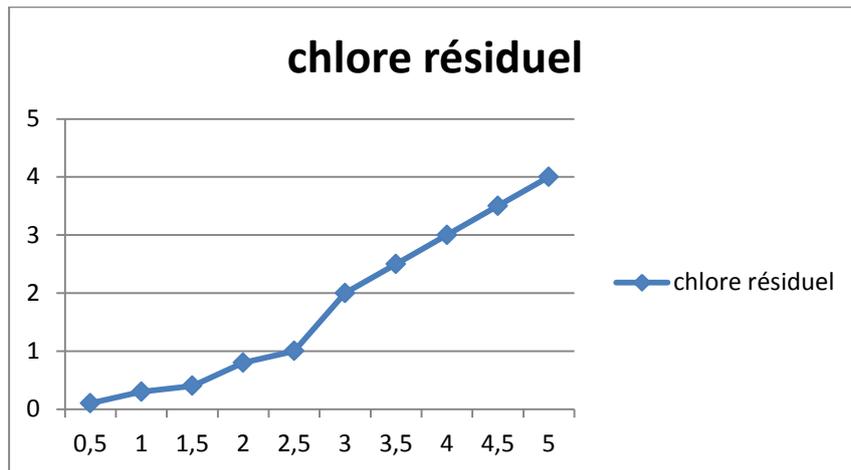
D'après le tableau des résultats de caractérisation partielle ci-dessus, l'eau brute présente, principalement, un pH, une oxydabilité, une turbidité et une turbidité colloïdale élevés.

### Essai de demande en chlore

Les résultats de l'essai de demande en chlore sont dressés dans le tableau suivant et schématisés dans la figure.

**Tableau 3: Résultats de la demande en chlore**

la dose injecte chlore (mg/l)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
chlore résiduel	0	0,1	0,3	0,4	0,8	1	2	2,5	3	3,5



**Figure 15: Courbe de la demande ne chlore(BP)**

**NB :** la dose du chlore résiduel doit être supérieure à 0,4mg/L et ne dépasse pas 1 mg/L

**Le Break Point montre que la dose optimale du chlore nécessaire pour traiter cette eau est de 2,5 mg/L**

#### Optimisation du pH de coagulation et floculation

Le pH est un facteur important dans le traitement de l'eau ; certains procédés nécessitent des pH bien spécifiques pour assurer des rendements satisfaisants.

**Pour les procédés de coagulation/floculation, l'efficacité des réactifs appliqués, tel que la sulfate d'alumine et le chlore, impose une plage de pH optimale inférieure à 7,2. Pour y arriver, une acidification des eaux brutes est adoptée.**

- Dans cette partie expérimental on va varier le pH du même échantillon à 3 essais ; (7,5 / 7 /6,5) à l'aide d'une solution d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (10g/L) qu'on va préparer . Puis on refait le traitement en gardant la même dose injecté de Sulfate d'Alumine.

#### Préparation de la solution d'acide sulfurique de 10 g/l

On se propose de préparer un volume de 100 ml de solution d'acide sulfurique de concentration 10g/L par dilution d'une solution mère de densité  $d=1,84$  kg/l et de pureté égale à 95%.

Le volume  $V_0$  à prélever de la solution de mère est déterminé comme suit :

$$V_0 \times C_0 = V_f \times C_f \quad V_0 = (V_f \times C_f) / C_0$$

Avec :

$V_0$  : Volume à prélever de la solution mère

$C_0$  : Concentration de la solution mère qui est de 1.84 kg/l

$V_f$  : Volume à préparer 100 ml

Cf : Concentration de la solution à préparer 10 g/l

$$V_0 = (100 \text{ ml} \times 10 \text{ g/l}) / 1840 \text{ g/l} = 0.54 \text{ ml}$$

Vu le degré de pureté de la solution commerciale d'acide sulfurique qui est de 95%, une correction a été apportée au volume  $V_0$ , à savoir :

$$\text{Volume corrigé} = V_0 / 0.95 \quad \text{Volume corrigé} = 0.54 / 0.95 = 0.57 \text{ ml}$$

Donc on prélève 0.57 ml de l'acide sulfurique concentrée et on l'introduit dans une fiole de 100 ml de volume et on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

On injecte goutte à goutte, des doses croissantes de la solution fille de 10 g/l et à l'aide d'un pH-mètre, on procède à la mesure de pH de l'eau acidifiée. Les doses injectées sont représentées sur le tableau suivant :

**Tableau 4: volume d'acide sulfurique injecté**

pH	7.50	7.00	6.50
Dose de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> injecte	2,8 ml	8,1 ml	18ml

### ESSAI 1 : PH=7,50

Pour le premier essai, on a procédé à l'acidification de l'eau brute à pH de 7.5. La dose nécessaire d'acide sulfurique est de 2.8 mg/l.

Les résultats de l'essai de floculation sont dressés dans les tableaux ci-après

**Tableau 5: Résultats d l'essai de Jar-Test à pH=7,5**

Becher N°	1	2	3	4	5	6
Chlore injecté (mg/l)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Sulfate d'alumine (mg/l)	10	15	20	25	30	35
Acide sulfurique (mg/l)	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Délai d'apparition du floc pendant l'agitation lente en mn	2	2	2	1	1	1
Aspect du floc, en fin d'agitation lente*	2	2	4	6	6	6
Première estimation de la vitesse de sédimentation**	L	L	M	R	R	R
<b>Après décantation</b>						
Ph	7,39	7,30	7,22	7,08	6,96	6,79
Oxydabilité à chaud (mg/l)	1,44	1,41	1,30	1,12	0,86	0,72
Turbidité (N.T.U)	5,52	3,24	3,11	2,31	1,11	0,76
Chlore résiduel (mg/l)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Après filtration</b>						
Turbidité (N.T.U)	1,42	0,77	0,43	0,38	0,34	0,29
TAC (mèq/l)	2,44	2,38	2,29	2,18	2,10	2,09
Aluminium résiduel (mg/l)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,07	0,07

**Aspect du floc, en fin d'agitation lente :**

➤ 0 : Pas de floc

- 2 : Légère opalescence
- 4 : Petits points
- 6 : Flocons de dimension moyenne
- 8 : Bon floc
- 10 : Excellent

**Première estimation de la vitesse de sédimentation :**

R: rapide

L: lente

M: moyenne

**D'après le tableau ci-dessus relatif aux critères d'acceptabilité :**

- 💧 le meilleur bécber qui répond aux exigences de potabilité est le sixième bécber ;
- 💧 Il correspond à une dose de sulfate d'alumine et de chlore similaires à celles obtenues sans acidification. Ces doses sont, respectivement, de l'ordre de 35 mg/l et 2.5 mg/l ;
- 💧 Une amélioration de l'oxydabilité et de la turbidité des eaux décantées et filtrées a été enregistrée ;
- 💧 La teneur d'aluminium résiduel au niveau du meilleur bécber est de 0.07 mg/l, valeur inférieure à la norme de potabilité (0,2 mg/L)

**On constate que**

L'aspect du floc augmente quand la dose de coagulant augmente, par contre le délai d'apparition du floc diminue ;

La vitesse de sédimentation est lente dans les deux premiers bécbers puis elle augmente pour devenir rapide dans les deux derniers bécbers.

Le pH, l'oxydabilité et la turbidité diminue avec l'augmentation de la dose du coagulant

**ESSAI 2 : PH=7,00**

Pour le deuxième essai, on a procédé à l'acidification de l'eau brute à pH 7.00 La dose nécessaire d'acide sulfurique est de 8,1 mg/l.

**Tableau 6: Résultats de l'essai de Jar-Test à pH=7**

Becher N°	1	2	3	4	5	6
Chlore injecté (mg/l)	2,5	2,5	2,5	<b>2,5</b>	2,5	2,5
Sulfate d'alumine (mg/l)	10	15	20	<b>25</b>	30	35
Acide sulfurique (mg/l)	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
Délai d'apparition du floc pendant l'agitation lente en mn	2	2	2	<b>1</b>	1	1
Aspect du floc, en fin d'agitation lente*	2	2	4	<b>6</b>	6	6
Première estimation de la vitesse de sédimentation**	L	L	M	<b>R</b>	R	R
<b>Après décantation</b>						
pH	6,95	6,73	6,68	<b>6,52</b>	6,50	6,38
Oxydabilité à chaud (mg/l)	0,95	0,78	0,62	<b>0,41</b>	0,36	0,36
Turbidité (N.T.U)	2,43	1,20	1,66	<b>1,05</b>	0,82	1,05
Chlore résiduel (mg/l)	0,8	0,8	0,8	<b>0,8</b>	0,8	<b>0,8</b>
<b>Après filtration</b>						
Turbidité (N.T.U)	1,03	0,86	0,43	<b>0,22</b>	0,18	0,12
TAC (mèq/l)	2,08	2,02	2,00	<b>1,80</b>	1,71	1,60
Aluminium résiduel (mg/l)	0,12	0,12	0,07	<b>&lt;0,07</b>	<0,07	0,07

D'après le tableau ci-dessus relatif aux critères d'acceptabilité :

- 💧 le meilleur bécber qui répond aux exigences de potabilité est le quatrième bécber ;
- 💧 Il correspond à une dose de sulfate d'alumine et de chlore, respectivement, de l'ordre de 25 mg/l et 2.5 mg/l ;
- 💧 La teneur d'aluminium résiduel au niveau du bécber en question est inférieure à 0.07 mg/l.

### ESSAI 3 : PH=6,50

Pour le deuxième essai on a procédé à l'acidification de l'eau brute à pH de 6.50. La dose nécessaire d'acide sulfurique est de 18 mg/l.

**Tableau 7: Résultats de l'essai de Jar-Test à pH=6,5**

Becher N°	1	2	3	4	5	6
Chlore injecté (mg/l)	2,5	2,5	2,5	<b>2,5</b>	2,5	2,5
Sulfate d'alumine (mg/l)	10	15	20	<b>25</b>	30	35
Acide sulfurique (mg/l)	18	18	18	18	18	18
Délai d'apparition du floc pendant l'agitation lente en mn	2	2	2	<b>1</b>	1	1
Aspect du floc, en fin d'agitation lente*	2	2	4	<b>6</b>	6	6
Première estimation de la vitesse de sédimentation**	L	L	M	<b>R</b>	R	R
<b>Après décantation</b>						
pH	6,51	6,40	6,32	<b>6,19</b>	6,11	6,05
Oxydabilité à chaud (mg/l)	0.82	0,60	0,52	<b>0,34</b>	0,32	0,32
Turbidité (N.T.U)	4.22	1,88	0,69	<b>0,60</b>	0,60	1,10
Chlore résiduel (mg/l)	0,80	0,80	0,80	<b>0,80</b>	0,80	<b>0,80</b>
<b>Après filtration</b>						
Turbidité (N.T.U)	1,60	1,44	0,34	<b>0,27</b>	0,29	0,31
TAC (mèq/l)	1,72	1,60	1,40	<b>1,81</b>	1,81	1,70
Aluminium résiduel (mg/l)	0,12	0,12	0,07	<b>&lt;0,07</b>	<0,07	0,07

### Doses de réactifs présentant les meilleurs résultats de traitement

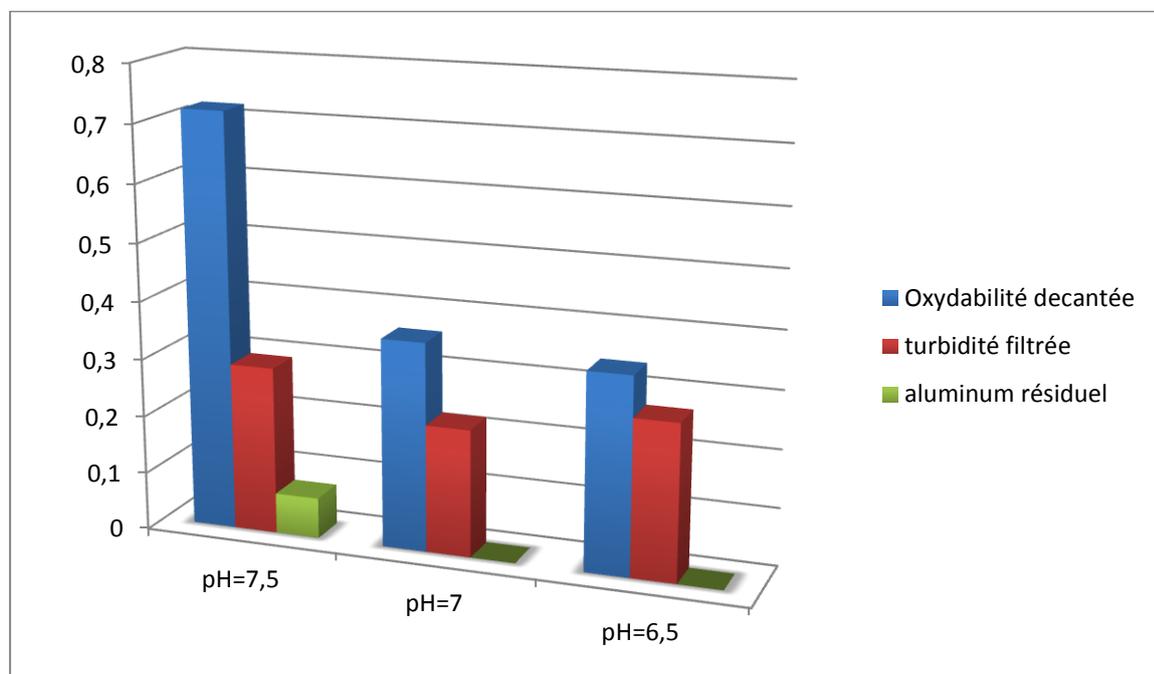
D'après le tableau ci-dessus relatif aux critères d'acceptabilité :

- 💧 le meilleur bécber qui répond aux exigences de potabilité est le quatrième bécber ;
- 💧 La teneur d'aluminium résiduel au niveau du bécber en question est inférieure à 0.07 mg/l.
- 💧 Le pH du meilleure bécber, qui est très bas, est de l'ordre de 6.19 pouvant affecter à l'eau un caractère agressif.

**Tableau 8: Comparaison de résultats des trois essais**

<b>pH de l'eau</b>	<b>7.50</b>	<b>7.00</b>	<b>6.50</b>
<b>Oxydabilité décantée</b>	0,72	0,41	0,34
<b>pH de l'eau filtrée</b>	6,79	6,52	6.19
<b>Turbidité filtrée</b>	0,29	0,27	0,20
<b>Aluminium résiduel</b>	0,07	<0,07	<0,07
<b>Dose d'acide sulfurique pour la correction mg/l</b>	2,8	8,1	18
<b>Correction du Ph</b>	Oui	Oui	Oui

**Comparaison de résultat de pH différent :**



**Figure 16: Histogramme comparatif des résultats des trois essais**

D'après les résultats ci-dessus on a constaté que le pH optimum de coagulation est 7.50, pour les raisons suivantes : Il présente une faible quantité en acide sulfurique pour la correction de pH par rapport aux autres pH de 7.00 et de 6.50, pourtant la dose de sulfate d'alumine est similaire est inférieure à 0,2 mg/L, donc elle respecte les normes de traitabilité .

# Conclusion

Le processus de coagulation-floculation a fait apparaître divers mécanismes, souvent complexes et dépendant fortement du **pH** de l'eau à traiter. En outre, les chercheurs s'intéressent de plus en plus à optimiser cette étape pour un meilleur abattement des polluants, notamment organiques. Certains ont porté leur choix sur l'amélioration des performances des réactifs coagulants et adjuvants. Mais la plupart des travaux s'accordent à conclure que l'ajustement de paramètres physicochimiques de l'eau ou du dosage du coagulant peuvent conduire à une floculation et une élimination des matières en suspension, des matières colloïdales et des macromolécules susceptibles de communiquer à l'eau une turbidité ou une couleur indésirables. Il s'agit de matières organiques aussi bien que minérales.

Le pH est l'un des paramètres les plus importants qu'il faut noter, du fait qu'il joue un rôle déterminant dans la coagulation.

La valeur optimale du pH qui donne une bonne qualité d'eau traitée est 7,50. La valeur du pH décroît avec l'**augmentation** de la température.

Le pH est une donnée difficile à extraire car il n'existe pas de pH optimal tel quel. Il s'agit plutôt de faire un compromis entre pH de coagulation (plutôt acide) et pH de floculation (Minimum de solubilité du métal, plutôt basique).

Durant mon stage j'ai pu mettre à l'épreuve mes connaissances scientifiques et techniques fondamentales acquises à la faculté des sciences et techniques ainsi qu'une ouverture sur le monde professionnel et industriel notamment dans le domaine de contrôle de qualité des eaux au sein du laboratoire de l'ONEE branche eau.

## Références Bibliographiques :

- Manuel des analyses physico-chimiques de l'ONEE (branche eau)
- Manuel des Normes marocaines relatives aux eaux d'alimentation humaine
- Manuel de traitement de l'eau (Procèdes physico-chimiques et biologiques)
- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle\\_de\\_l%27eau](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_de_l%27eau)
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Coagulation-floculation>
- <http://www.onep.ma/controle-qualite.htm>
- <http://technique.eau.free.fr/index.php?coagulationfloculation=coagulationfloculation>
- <http://www.onep.ma/presentation-onep.htm>
- <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0304/optsee/bei/5/binome5/genechlo.htm>