

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd - Tlemcen -

Faculté de TECHNOLOGIE



## **Mémoire**

Présentée pour l'obtention du diplôme de Master

**En :** Hydraulique

**Spécialité :** Technologie de Traitement des Eaux

**Par :** Zendagui Hadjer

## **Sujet**

***Etude sur la coagulation floculation décantation des eaux épurées de la station d'épuration Ain lhoutz***

Soutenue publiquement, le 15 / 06 / 2016 , devant le jury composé de :

M<sup>er</sup>. BESSEDIK M.

Président

M<sup>er</sup>. BOUCHELKIA H.

Examineur

M<sup>er</sup>. BOUMEDIENNE M.

Examineur

M<sup>er</sup>. CHIBOUB FELLAH A.

Encadreur

M<sup>er</sup>. HABI M.

Co-Encadreur

Promotion : 2015/2016

## **DEDICACES**

*Tout d'abord je remercie ALLAH qui m'a donné la force, le courage et la patience pour réaliser ce modeste travail.*

*J'adresse mes remerciements par un grand respect et gratitude*

*A mes très chers parents, qui sont la lumière de ma vie, qui ont tant souffert et sacrifiés pour que je sois heureuse, pour leurs conseils, leur affection et leurs encouragements.*

*Et je le dédie :*

*A mes très chers grands parents ;*

*A mes très chers frères ;*

*A mes tantes et mes cousines et cousins ;*

*A tous mes autres proches ;*

*A mes chères amies ;*

*Tous simplement, à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

*Hadjer*

# ***R**EMERCIEMENTS*

*Toute mon gratitude et remerciement vont à Allah, le clément et le miséricordieux qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail que je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes ayant contribuées de près ou de loin à l'élaborer.*

*C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que je remercie mes encadrateurs **Mr A. CHIBOUB FELLAH** et **Mr M. HABI** pour la sollicitude avec laquelle ils ont suivi et guidé ce travail.*

*Mes vives gratitudes et remerciement vont aussi à **Mr M. BESSADIK** pour avoir accepté de me faire l'honneur de présider le jury de ce mémoire et de bien vouloir l'examiner.*

*J'adresse mes profonds remerciements à **Mr H. BOUCHÉLKIA** et à **Mr M. BOUMEDIENE** pour avoir accepté de faire l'honneur d'examiner ce mémoire.*

*Je remercie également les responsables et agents de laboratoire de « traitement et d'épuration des eaux » au niveau de la faculté de technologie.*

*Je remercie **M<sup>er</sup>** le directeur de l'ADE et **M<sup>er</sup>** le directeur de L'ONA et **M<sup>er</sup>** le chef de production EST et **M<sup>eme</sup>** le chef de laboratoire Abutechfine qui m'ont beaucoup aidé aux cours de mes expériences.*

*Je tire a remercier tout les chimistes et les gens qui m'ont aidé. J'exprime ma gratitude à tous mes enseignants de départements qui ont contribué à ma formation.*

## Résumé

Le but de ce travail vise à faire une étude sur la coagulation floculation décantation des eaux épurées de la station d'épuration Ain lhoutz en vue d'amélioration la qualité (physique et bactériologique) des eaux épurées de cette station.

L'effet de plusieurs paramètres expérimentaux tels que : la nature et la dose de coagulant, dose de flocculant et la vitesse d'agitation ont été étudiées en montrant que :

- le meilleur coagulant c'est le chlorure ferrique et le meilleur flocculant c'est le polymère anionique ;
- pour la coagulation : la vitesse d'agitation optimale c'est 200tr/min et le temps optimal c'est 2min ;
- pour la floculation : la vitesse d'agitation optimale c'est 30tr/min et le temps optimal c'est 15 min ;
- pour la phase de la décantation le temps optimal c'est 20min ;
- la CFD réduire les germes pathogènes et les streptocoques.

### Mot clé :

Coagulation, floculation, décantation, jar- test, matières en suspension eau épurée, turbidité, chlorure ferrique, sulfate d'alumine, analyses chlorure ferrique, polymère.

### Abstract

The aim of this work is to make a study of the coagulation flocculation settling of treated water from the treatment plant in Ain lhoutz quality improvement view (physical and bacteriological) of treated water from this station.

The effect of various experimental parameters such as the nature and dose of coagulant, flocculant dosage and stirring speed were studied by showing that:

- the best coagulant is ferric chloride and the best flocculant is the anionic polymer;
- for coagulation: the optimum stirring speed is 200tr / min and the optimal time is 2min;
- for flocculation: the optimum stirring speed is 30TR / min and the maximum time is 15 min;
- for the phase of settling the optimum time is 20min;
- CFD reduce pathogens and streptococci.

### Keyword :

Coagulation, flocculation, sedimentation, jar- test, purified water suspended solids, turbidity, ferric chloride, sulfate alumina, ferric chloride analysis, polymer.

### ملخص

الهدف من هذا العمل هو إجراء دراسة التلبد و الترسيب على عملية تصفية المياه المعالجة في محطة عين الحوت لتحسين النوعية الفيزيائية و البيولوجية لهذه المياه. ومن خلال التركيز و نوعية المواد المستعملة و كذلك سرعة التحريك.

## **Liste des abréviations**

- ADE : algérienne des eaux
- Alun : sulfate d'alumine
- CFD : Coagulation Flocculation Décantation
- Cc : Concentration du Coagulant(mg/L)
- C f : Concentration du Flocculant(mg/L)
- d1 d2 : les distances(cm)
- d : diamètre(mm)
- DBO : la demande biochimique en oxygène
- DCO : la demande chimique en oxygène
- Mo : matière organique
- MES : matière en suspension
- MO : matière oxydable
- MA : matières azotées
- MP : matières phosphorées
- NTU : Unité Néphélométrique de Turbidité
- pH : potentiel hydrogène
- R : Rendement(%)
- T : Température (°C)
- tr/min : tour par minute
- UV : ultra violet

## Liste des tableaux

Tableau(III.1) : les diamètres de quelques particules.....	15
Tableau(III.2) : le temps de décantation de quelque particule.....	15
Tableau(III.3) : Les formes disponibles des coagulants.....	24
Tableau (IV.1) : les appareils de mesure.....	42
Tableau (VI.1) : la dose optimale de sulfate d'alumine pour la dilution 1/5.....	54
Tableau (VI.2) : la dose optimale de sulfate d'alumine pour la dilution.....	55
Tableau(VI.3) : la dose optimale de sulfate d'alumine pour une eau non diluée.....	56
Tableau (VI.4) : la dose optimale de sulfate d'alumine pour la dilution 1/ 10.....	56
Tableau(VI.5) : la dose optimale de chlorure ferrique pour la dilution 1/ 5.....	57
Tableau(VI.6) : la dose optimale de chlorure ferrique pour la dilution 1/ 2.....	59
Tableau(VI.7) : la dose optimale de chlorure ferrique pour une eau non diluée.....	60
Tableau (VI. 8) : la dose optimale de chlorure ferrique pour la dilution 1/ 5.....	64
Tableau(VI.9) : la dose optimale de chlorure ferrique pour la dilution 1/ 2.....	64
Tableau(VI.10) : la dose optimale de chlorure ferrique pour une eau non diluée.....	65
Tableau(VI.11) : la dose optimale de polymère 1 pour la dilution 1/5.....	67
Tableau(VI.12) : la dose optimale de polymère 1 pour la dilution 1 /2.....	67
Tableau(VI.13) : la dose optimale de polymère 1 pour une eau non diluée.....	67
Tableau(VI.14) : la dose optimale de polymère 2 pour la dilution 1/5.....	69
Tableau(VI.15) : la dose optimale de polymère 2 pour la dilution 1/2.....	69
Tableau(VI.16) : la dose optimale de polymère 2 pour une eau non diluée.....	69
Tableau(VI.17) : la dose optimale de polymère 2 pour la dilution 1/5.....	71
Tableau(VI.18) : la dose optimale de polymère 2 pour la dilution 1/ 2.....	72

Tableau(VI.19) : la dose optimale de polymère 2 pour une eau non di.....	72
Tableau (IV.20) : les rendements de l.....	74
Tableau (IV.21) : l'influence de la vitesse d'agitation rapide sur la réduction la turbidité.....	79
Tableau (IV.22) : l'influence de temps d'agitation rapide sur la réduction la turbidité.....	79
Tableau (IV.23) : l'influence de la vitesse d'agitation lente sur la réduction la turbidité.....	80
Tableau (IV.24) : l'influence de temps d'agitation lente sur la réduction la turbidité.....	80
Tableau (IV.25) : l'influence de temps de décantation sur la réduction la turbidité.....	81
Tableau (VI.26) : les résultats de repiquage sur TTC.....	83
Tableau (VI.27) : les résultats de repiquage sur slentz.....	84
Tableau (VI.28) : les résultats d'Escherichia –coli.....	84
Tableau (VI.29) : les analyses physico- chimiques et bactériologiques.....	85
Tableau (VI.30) : les paramètres physico-chimiques des différentes mesures pour la décantation lamellaire à co-courant.....	88
Tableau (VI.31) : les paramètres physico-chimiques des différentes mesures pour la décantation lamellaire à contre –courant.....	88
Tableau (VI.32) : les paramètres physico-chimiques des différentes mesures pour la décantation.....	89
Tableau (VI.33) : le rendement de chaque type de décantation.....	89

## Liste des Figures

Figure(III.1) : la taille des particules colloïdales dans l'environnement.....	17
Figure(III.2) : colloïde hydrophile.....	18
Figure(III.3) : Distribution ionique colloïdes autour d'un colloïde .....	19
Figure(III.4) : Structure des «théories de la double couche».....	19
Figure(III.5) :Zetamètre.....	20
Figure (III.6) : Attraction et répulsion entre deux particules : théorie DLVO.....	21
Figure(III.7) : coagulation- floculation.....	22
Figure(III.8) : la répulsion électrostatique entre (02) colloïdes.....	23
Figure (III.9) : Protocole de floculation de jar test.....	29
Figure (III.10) : les forces influençant une particule grenue.....	33
Figure(III.11) : courbe de kynch.....	33
Figure (IV.1) : le protocole de jar-test.....	37
Figure (IV.2) : la construction du pilote (TE600].....	40
Figure (IV.3) : le pilote de coagulation floculation de laboratoire.....	41
Figure (IV.4) : Les vannes de pilote de coagulation floculation.....	42
Figure (IV.5) : pH -mètre de laboratoire sekak .....	42
Figure (IV.6) : pH-mètre de laboratoire de l'ADE.....	42
Figure (IV.7) : turbidimètre NN2100.....	43
Figure (IV.8) : conductimètre de laboratoire de l'ADE.....	44
Figure (IV.9) : conductimètrede laboratoire de l'ADE.....	44
Figure (IV.10) : les pipettes.....	44
Figure (IV.11) : le bécher et l'ermenmeyr.....	45
Figure (IV.12) : Plaque chauffante.....	45
Figure (IV.12) : Balance électrique .....	45

Figure (IV.14) : Balance.....	45
Figure (V.1) : sulfate d'alumine .....	47
Figure (V.2) : chlorure ferrique.....	47
Figure (VI.1) : le protocole de jar-test.....	54
Figure (VI.2) : influence des doses de sulfate d'alumine <i>sur la turbidité</i> .....	58
Figure (VI.3) : influence des doses de chlorure ferrique <i>sur la turbidité</i> .....	61
Figure (VI.4) : protocole de floculation.....	63
Figure (VI.5) : influence de sulfate d'alumine et les doses de polymère cationique sur la turbidité.....	66
Figure (VI.6) : influence de chlorure ferrique et les doses de polymère cationique sur la turbidité.....	68
Figure (VI.7) : influence de chlorure ferrique et les doses de polymère .....	70
anionique sur turbidité	
Figure (VI.8) influence de chlorure ferrique et les doses de polymère anionique sur la turbidité.....	73
Figure (VI.9) : le rendement de la coagulation –floculation.....	75
Figure (VI.10) : le protocole d'optimisation des conditions de coagulation.....	77
Figure (VI.11) : le protocole d'optimisation des conditions de floculation.....	77
Figure (VI.12) : l'incubateur de laboratoire Abutechfine.....	83
Figure (VI.13) : les entonnoirs en acier de laboratoire Abutechfine.....	83
Figure (VI.14) : repiquage sur TTC.....	83
Figure (VI.15) : repiquage sur TTC .....	83
Figure (VI.16) : repiquage sur slentz .....	84
Figure (VI.17) : repiquage sur slentz .....	84
Figure (VI.18) : recherche de E-coli .....	84
Figure (VI.18) : les teneurs d'analyses .....	85
Figure (VI.20) : La décantation à co- courant.....	85

Figure (VI.21) : la décantation à contre –courant.....	87
Figure (VI.22) : la décantation classique.....	87
Figure (VI.23) : les rendement.....	90

## Sommaire

Introduction

..... <b>CHAPITRE 1</b> .....	
1. Définition .....	3
2. L'origine des eaux usées .....	3
3. la composition des eaux usées.....	4
3.1. Microorganismes .....	4
3.1.1. Les bactéries.....	4
3.1.2. les virus .....	4
3.1.3. les helminthes.....	4
3.1.4. Les protozoaires .....	5
3.2. les matières en suspension et la matière organique .....	3
3.3. les éléments nutritifs .....	5
3.4. Les métaux lourds.....	6
4. Les paramètres de mesure de la pollution .....	6
4.1. La Demande Chimique en Oxygène(DCO).....	6
4.2 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	7
4.3. Les matières en suspension (MES).....	7
5. L'épuration en Algérie .....	7
6. La nécessité de l'épuration .....	7
7. L'équivalent habitant (EH).....	8
Conclusion.....	8

## .....**CHAPITRE 2**.....

Introduction .....	9
1. Les prétraitements .....	9
1.1. Le dégrillage .....	9
1.2. Dessablage .....	9
1.3. Le déshuillage.....	9
2. Le traitement primaire .....	10
3. Les Traitements biologiques .....	11
3.1. boues activées .....	11
3.2. Le lagunage.....	11

3.3. Les disques biologiques .....	12
3. 4. Les lits bactériens .....	12
4. Traitement tertiaire .....	12
4.1. Désinfection des effluents .....	12
4.2. Elimination de l'azote.....	13
4.3. Elimination de phosphate .....	14
5. Traitement des boues.....	14
Conclusion.....	14

.....**CHAPITRE 3**.....

Introduction .....	15
<b>LES PARTICULES MISES EN JEU : LES COLLOÏDES</b> .....	16
1. Généralités.....	16
2. Particules colloïdales.....	16
3. Les types de colloïdes .....	17
4. La structure des colloïdes .....	18
5. Stabilité des suspensions colloïdales.....	20
6. Déstabilisation des colloïdes .....	21
7. le but de la coagulation-floculation .....	22
8. La coagulation .....	21
8.1. Principe.....	23
8.2. Les coagulants utilisés .....	23
8.3. Le choix des coagulants.....	24
8.4. Les paramètres influençant la coagulation .....	25
8.4.1. L'influence du paramètre pH.....	25
8.4.2. Influence de la température de l'eau.....	25
8.4.3. Potentiel Zeta .....	24
8.4.4. Vitesses et temps d'agitation.....	27
8.4.5. L'influence de la turbidité.....	27
8.4.6. Grosseurs et concentration des particules colloïdales.....	27
8.4.7. Influence du coagulant.....	27
9. La floculation .....	28
9.1. les types de floculation .....	29
9.1.1. floculation péricinétique .....	29

9.1.2. floculation orthocinetique .....	29
9.2. Les flocculants .....	30
9.2.1. Les flocculants minéraux .....	30
9.2.2. Les flocculants organiques.....	30
9.2.3. Les flocculants de synthèse .....	30
9.3. Paramètres intervenant dans la floculation .....	31
10. La décantation .....	31
10.1. Principe .....	31
10.2. La vitesse de chute.....	32
10.3. Les types de décantation.....	32
10.3.1. Décantation des particules grenues.....	33
10.3.2. Décantation freinée des particules flocculées.....	33
10.4. D'autres types de décantation .....	35
10.4.1. Décantation des particules discrètes .....	34
10.4.2. Décantation en compression de boue .....	34
10.5. Les types de décanteurs .....	34
10.5.1. Les décanteurs statiques.....	34
10.5.2. Décanteurs accélérés .....	35
10.5.2.1. Les décanteurs à circulation de boues.....	35
10.5.2.2. Les décanteurs à lit de boues.....	35
10.6. la mise en œuvre de la coagulation –floculation –décantation.....	36
Conclusion.....	36

.....**CHAPITRE 4**.....

1. Description d'appareil « jar-test ».....	37
2. Description du pilote de la CFD.....	38
2.1 Construction .....	39
2.2 manipulation .....	39
2.3 liste des vannes.....	40
3. les appareils de mesure .....	42
3.1 pH mètre.....	42
3.2 turbidimètre.....	43
3.3 conductimètre.....	44
4. matériel utilisé .....	44

.....**CHAPITRE 5**.....

1. Etude de la CFD sur jar-tesr.....	46
1.1 Objectif.....	46
1.2 manipulation.....	46
2. analyses bactériologiques.....	49
2.1 milieu solide.....	50
2.2 milieu liquide .....	50
3. la CFD sur pilote.....	51
3.1 mode opératoire.....	51
3.1.1 la CFD à co-courant.....	52
3.1.2 la CFD à conte courant.....	52
3.1.3 la CFD classique.....	52

.....**CHAPITRE 6**.....

1. Etude expérimentale de la coagulation-floculation et décantation 7 sur jar-test.....	54
1.1. la concentration optimale de coagulant et de floculant.....	55
1.1.1. la coagulation .....	55
1.1.1.1.Pour le sulfate d'alumine .....	56
1.1.1.2. pour le chlorure ferrique .....	59
1.1.2. la floculation .....	62
1.1.2.1. la coagulation avec le sulfate d'alumine et la floculation avec le polymère 1....	64
1.1.2.2. la coagulation avec le chlorure ferrique et la floculation avec le polymère 1 ...	66
1.1.2.3. la coagulation avec le sulfate d'alumine et la floculation avec le polymère 2.....	69
1.1.2.4. la coagulation par le chlorure ferrique et la floculation avec le polymère 2.....	71
1.2. Les rendements de la coagulation- floculation .....	74
1.3. Optimisation les conditions de travail .....	77
2.4. Les analyses bactériologiques .....	83
3. étude de la coagulation floculation décantation sur le pilote TE 600.....	86

Conclusion

## *Introduction*

Les méthodes de traitement des eaux usées sont conçues et mises en œuvre de manière à assurer une protection de l'environnement qui recevra les rejets, dans le respect des limites imposées par la réglementation. Elles sont choisies en fonction des caractéristiques de l'environnement naturel, de la capacité de celui-ci à absorber des flux de pollution résiduelle et en aval des stations d'épurations. [1]

Le traitement des eaux domestiques comporte

- Des prétraitements ;
- Des traitements dits « primaires » de séparation physique ;
- Des traitements dits « secondaires » biologique complétés d'une séparation physique
- Et parallèlement
- Des traitements des résidus divers et des boues produites par les traitements et prétraitements précédents.

Les traitements préliminaires peuvent être réalisés en tête d'une station d'épuration [2].

Un traitement secondaire des effluents est parfois effectué avant le recyclage de l'eau pour divers usages industriels qui ne nécessitent pas d'utiliser de l'eau potable (eau de refroidissement). Les eaux usées recyclées peuvent également être utilisées pour recharger les nappes phréatiques, notamment dans les régions côtières. Enfin, elles peuvent servir à arroser les cultures et les espaces verts publics ou privés [1].

Plusieurs efforts d'investissement de notre pays, fournis durant cette dernière décennie ont permis l'émergence de très nombreuses stations d'épuration urbaines et industrielles, cela démontre le noble objectif poursuivi, à savoir la préservation de la santé publique et de milieu naturel, ainsi que la protection des ressources en eaux potables tant superficielles que souterraines. Dans ce cadre le rôle de la station d'épuration STEP de Ain El Houtz est d'épurer les eaux usées de la ville de Tlemcen [3].

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées 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, du fait de leur grande stabilité, elles n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. En général, la turbidité est causée par des particules de matière inorganique [4].

En traitement des eaux, la coagulation et la floculation sont des traitements qui visent à optimiser l'élimination des particules en suspension par les procédés de décantation et de filtration. La déstabilisation est un des phénomènes physicochimiques. La séparation par décantation et filtration met en jeu des phénomènes essentiellement physiques.

Les coagulants et les floculant sont des réactifs chimiques représentatifs de l'évolution de la chimie dans la seconde moitié du XXe siècle, caractérisée par le passage d'une chimie de commodités à une chimie de spécialités.

Dans le cas du traitement des eaux, application principale de coagulant et floculant, de gros efforts de recherche et développement sont nécessaires pour répondre à des exigences de qualités très réglementées imposées par le renforcement permanent des contraintes environnementales. Les études menées dans les laboratoires de recherche permettent d'acquérir une connaissance précise des phénomènes physico-chimiques qui gèrent la mise en œuvre des produits et d'adapter leurs caractéristiques aux évolutions de l'application **[4]**.

Ce travail, s'inscrit dans le cadre d'un développement réel des stations d'épuration des eaux usées. Il a pour but principal de pouvoir maîtriser les techniques qui nous permettent de fixer le taux désiré de la matière en suspension des eaux utilisées pour les différents types d'irrigation **[3]**.

Afin d'apporter une contribution à ces problématiques, nous proposons les chapitres suivants :

- CHAPITRE (1) : présente une étude bibliographique et un rappel théorique sur la composition des eaux usées ;
- CHAPITRE (2) : montre les divers traitements qui peut subir une eau usée dans une station d'épuration.
- CHAPITRE (3) : une étude générale sur le procédé de coagulation – floculation – décantation.
- CHAPITRE (4) : présente les appareils de mesure et le pilote utilisés dans cette étude
- CHAPITRE (5) : ce chapitre vise a donner les modes opératoires appliqués dans cette démarche
- CHAPITRE (4) : le dernier chapitre affiche tout les résultats obtenus sur jar-test et les analyses effectués ainsi que le pilote présenté au niveau de la faculté.



# Partie bibliographique





# *Chapitre 1*

## *Généralités sur les eaux usées*



## **Introduction**

La pénurie d'eau dans les années quatre-vingt-dix à obliger le gouvernement à suivre la voie de la réutilisation des eaux usées issues des agglomérations après un traitement efficace afin d'enlever tout ce qui est nocif à la santé humaine. Pour assurer un traitement opérant il faut savoir c'est quoi une eau usée, de quoi elle se compose. Ce chapitre prend en considération ces points pour choisir le mode de traitement favorable.

### **I.1. Définition**

L'eau usée est l'eau qui a été utilisée et qui doit être traité avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'ils ne causent pas de pollution de ces autres sources [5]. Appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) Dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines » [6].

### **I.2. L'origine des eaux usées**

Les eaux usées sont réparties en trois catégories :

- 1) Les eaux usées domestiques : ce sont les eaux de la cuisine, de la salle de bain et des toilettes des particuliers. Elles sont particulièrement porteuses de pollution. Elles sont composées de graisses, détergents, solvants, de déchets organique azotés ou encore de différents germes.
- 2) Les eaux usées industrielles : elles contiennent également des matières organiques comme les eaux. Mais elles sont très différentes car elles peuvent également contenir des produits toxiques, des hydrocarbures, des métaux lourds, des micropolluants....
- 3) Les eaux pluviales : elles sont issues du ruissellement de l'eau de pluie et peuvent provoquer des pollutions importantes des cours d'eau. L'eau de pluie englobe les impuretés de l'air (gaz polluants rejetés par les industries et ruisselle sur les surfaces terrestres contenant des résidus d'hydrocarbure, de métaux lourds, d'huiles [7].

### **I. 3. la composition des eaux usées**

Les eaux usées se composent de matières dissoutes et en suspension et de divers microorganismes.

**I. 3.1. Microorganismes**

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes [6].

**I. 3.1.1. Les bactéries**

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 µm. Le taux moyen de bactéries dans les fèces est d'environ  $10^{12}$  bactéries/g. Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées. Les eaux usées urbaines contiennent environ  $10^6$  à  $10^7$  bactéries/100 ml,  $10^3$  à  $10^4$  streptocoques et  $10^2$  à  $10^3$  clostridiums. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de  $10^4$  germes/l. Parmi les plus détectées sont retrouvées, les salmonelles, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux [6].

**I. 3.1.2. les virus**

Les virus sont des organismes de très petite taille (10 à 350 nm). Ils ne sont constitués que d'une molécule d'ADN, entourée d'une capsid (coque protéique). Ne possédant ni noyau, ni capacité de synthèse, ce sont des parasites obligatoires d'une cellule vivante dont ils détournent [8]. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles [9].

**I. 3.1.3. les helminthes**

Les helminthes sont des parasites, fréquemment rencontrés dans les eaux usées résiduaires, dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et  $10^3$  germes/l. Les œufs sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires. En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permet leur reproduction. Les helminthes pathogènes rencontrés le plus fréquemment dans les eaux usées sont : *ascaris lumbricoides*, *oxyuris vermicularis*, *trichuris trichuria*, *taenia saginata* [10].

**I. 3.1.4. Les protozoaires**

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires eucaryotes, plus complexes et plus gros que les bactéries. Leur taille varie de quelques microns à quelques millimètres, mais la plupart des espèces ne dépassent pas quelques centaines de microns. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites. Ils sont souvent rencontrés dans les eaux où ils se nourrissent de matière organique ou de bactéries. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste (en particulier, *oocyste pour Cryptosporidium* et *kyste pour Giardia*) [8].

Ainsi, selon les conditions du milieu, ces organismes peuvent survivre plusieurs semaines voir même plusieurs années. En revanche, 10 à 30 kystes, est une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires [6].

**I. 3.2. les matières en suspension et la matière organique**

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Les particules en suspension plus lourdes que l'eau sont éliminées par décantation. C'est une étape simple dans la réduction de la charge organique des eaux usées et de sa teneur en germes pathogènes.

La présence excessive de MES peut entraîner des difficultés de transport et de distribution des effluents ainsi que le bouchage des systèmes d'irrigation.

La présence de MO dans les eaux usées ne constitue pas sauf cas très particulier, un obstacle à la réutilisation de ces eaux bien au contraire, elle contribue à la fertilité des sols. Cependant la concentration importante de MO dans les eaux usées gêne l'efficacité des traitements [11].

**I. 3.3. les éléments nutritifs**

Les nutriments se trouvent en grande quantité dans l'eau usée, et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation de ces eaux en agriculture et en gestion des paysages. Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont *l'azote, le phosphore* et parfois *le potassium, le zinc, le bore et le soufre*. Ces éléments se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables que ce soit, dans les eaux usées épurées ou brutes. En outre, la présence de matière organique sous différentes formes dans l'eau usée (solides en suspension,

éléments colloïdaux et matières dissoutes) peut, par son effet à long terme sur la fertilité du sol, contribuer également à la stabilité structurale du sol [6].

### **I. 3.4. Les métaux lourds**

Nous les trouvons dans les eaux usées urbaines, sont extrêmement nombreux (de l'ordre de quelques  $\mu\text{g/l}$ ). Les plus abondants sont *le fer, le zinc, le cuivre et le plomb*. Les autres métaux (*manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel*, etc.) sont présents à l'état de traces. Leur origine est multiple: ils proviennent « des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels ». Les éléments cités dans la littérature comme étant les plus dangereux sont *le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni)* [6].

### **I. 4. Les paramètres de mesure de la pollution**

Deux paramètres permettent d'évaluer la teneur en matières organiques: la DCO et la DBO<sub>5</sub>.

#### **I. 4.1. La Demande Chimique en Oxygène (DCO).**

Elle s'exprime en milligramme par litre (mg/l) d'oxygène et correspond effectivement à *la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné.*

L'oxydation est réalisée ici par un réactif ayant un pouvoir d'oxydation puissant (le permanganate de potassium à chaud en milieu acide). La quantité de réactif consommé pour l'oxydation des matières organiques présentes, rapportée en mg/l d'oxygène, correspond à la DCO [12].

#### **I. 4.2 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>).**

Les phénomènes d'autoépurations dans les eaux superficielles résultent par la dégradation des charges organiques polluantes par les micro-organismes. L'activité de ces derniers tend à consommer de l'oxygène et c'est cette diminution de l'oxygène dans le milieu qui est mesurée par la DBO<sub>5</sub>. En effet, à 20° C la dégradation des matières organiques commence immédiatement.

Il a été conventionnellement retenu d'exprimer la DBO<sub>5</sub> en mg/l d'oxygène consommé pendant 5 jours à 20°C. Les eaux destinées à la consommation humaine doivent avoir une DBO<sub>5</sub> de

0mg/l. Les eaux superficielles de bonne qualité ont une DBO<sub>5</sub> égale à quelques mg/l. La DCO représente l'ensemble des matières oxydables et la DBO<sub>5</sub> représente la part des matières organiques biodégradables. La différence entre la DCO et la DBO<sub>5</sub>, représente la charge en matières organiques peu ou pas biodégradable [12].

### **I. 4.3. Les matières en suspension (MES)**

Les MES exprimées en mg par litre. Ce sont les matières non dissoutes de diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau. Elles comportent à la fois des éléments minéraux et organiques et décantent spontanément.

### **I. 5. L'épuration en Algérie**

En 2005, l'Algérie avait six stations d'épuration d'eau opérationnelles. A ce jour, le pays s'est doté de 145 stations d'épuration dont la majorité est certifiée ISO. Le volume global de l'eau traité est de 800 millions de m<sup>3</sup> annuellement. A l'horizon 2015, le réseau d'épuration sera composé de 200 stations. Ces chiffres ont été dévoilés par le ministre des Ressources en eau, Hocine Necib lors d'une rencontre, à Alger, sous le thème « Réalisations et défis à relever », dans le secteur de l'assainissement et du traitement des eaux usées. Pour rappel, l'Algérie bénéficie de l'aide de la communauté européenne à travers un programme d'appui au secteur des ressources en eau [13].

### **I. 6. La nécessité de l'épuration**

Ce qui précède démontre la nécessité de l'épuration des eaux usées et des eaux résiduaires industrielles. Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et, d'une façon générale, avec les exigences des diverses utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux, utilisation agricole ou industrielles, production piscicole ou production de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives) [9]. d'autre part L'intérêt accordé à l'épuration des eaux de rejets est de plus en plus croissant. Ceci est lié à la rareté de cette ressource [10].

**I. 7. L'équivalent habitant (EH)**

Un équivalent habitant, correspond à la pollution quotidienne de l'eau que génère un individu. En fonction des dotations journalières en eau, chacun est sensé d'utiliser une quantité d'eau par jour. La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57g de matière oxydable (MO), 90g de matière en suspension (MES), 15g de matières azotées (MA), 4g de matières phosphorées (MP). Enfin ; la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml [14].

**Conclusion**

L'objectif principal de ce chapitre est de savoir que les eaux usées sont des eaux chargées de différents éléments qu'on peut les voir (MES) ou les estimer avec ses propres analyses (DBO-DCO). Dans ce cadre et à partir des constituants et des analyses on peut déterminer le type de traitement éventuel à faire subir à l'eau.



## *Chapitre 2*

# *Traitement des eaux usées*



## **Introduction**

Les méthodes de traitement des eaux usées sont diverses et peuvent être classées en quatre catégories : le prétraitement, les traitements primaires, secondaires et tertiaires [15]. Aujourd'hui, les usines de traitement des eaux usées sont devenues des usines de dépollution compactes, couvertes, automatisées [16].

## **II. 1. Les prétraitements**

Le prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement.

### **II. 1.1. Le dégrillage**

A l'entrée de la station d'épuration, les effluents doivent subir un dégrillage. Ainsi, les matières volumineuses (flottants, etc.) sont retenues au travers de grilles, afin de protéger les pompes. Ce prétraitement se décline en trois sous-catégories : le pré-dégrillage (de 30 à 100 mm), le dégrillage moyen (de 10 à 30 mm) et enfin le dégrillage fin (les barreaux sont espacés de moins de 10 mm). Les grilles peuvent être verticales, mais elles sont le plus souvent inclinées de 60° à 80° sur l'horizontale [17].

### **II. 1.2. Dessablage**

L'objectif essentiel du dessablage est de retenir les particules sédimentables afin de protéger les installations de l'aval, les dépôts de sables réduisant en outre la débitance des conduites. En théorie, le dessablage vise à piéger les matériaux denses ( $d > 2$ ) et de taille grenue (diamètre  $D > 0.2$  à  $0.25$  mm) c'est à dire essentiellement des particules minérales type graviers et sables. Cependant, il est inévitable qu'une petite proportion de matière organique soit retenue au niveau de ces matériaux, ce qui engendre des problèmes de fermentation.

Au niveau pratique, la capture des particules est obtenue en réduisant leur vitesse. Ces ouvrages peuvent être aérés ou non afin d'assurer une séparation de la fraction organique fixée sur les sables et les graisses (ce sont alors des dessableurs-deshuileurs utilisés en station d'épuration pour des débits supérieurs à environ 50 l/s). L'efficacité des ouvrages est très variable et dépend en partie des conditions de conception (hydraulique) [18].

### **II. 1.3. Le déshuillage**

Les huiles présentent plusieurs inconvénients à plusieurs niveaux :

- Difficile à regarder.

- Diminue le rendement du traitement qui arrive après.
- Mauvaise diffusion de l'oxygène dans le floc bactérien.
- Mauvaise sédimentation et envahissement des décanteurs.
- Risque de colmatage de canalisations et des pompes [19].

Un dégraisseur peut être effectué en combinaison avec un dessaleur, soit avec un décanteur primaire circulaire. Une meilleure efficacité nécessite un dégraisseur – déshuileur séparé avec une insufflation à la partie inférieure à la zone d'aération et sédimentation dans une zone de tranquillité calculé pour une vitesse de 15 à 20m/s. Les boues décantables glissent sur une paroi inclinées et sont ramenées dans la zone d'aération ; le temps de séjour dans l'ouvrage est de l'ordre 3 à 5 min. L'évacuation des huiles et des graisses peut être réalisée soit par déversoir, soit par raclage manuel ou mécanique de la surface [20].

## **II. 2. Le traitement primaire**

Le traitement primaire élimine plus de la moitié des matières en suspension et constitue une pré-épuration non négligeable quoique insuffisante pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel. Il fait appel à différents procédés physiques ou chimiques. Les matières en suspension se déposent au fond par différence en raison d'une densité supérieure à celle de l'eau.

**La décantation** est possible lorsque les eaux prétraitées séjournent en eaux calmes dans le bassin de décantation primaire. Les matières en suspension, organiques ou non, se déposent dans le fond du bassin simplement par gravité. Elles y sont raclées et évacuées formant ainsi les boues primaires. Mais elle ne suffit malheureusement pas. En effet si le temps de décantation d'un gravier dans un mètre d'eau est de 1 seconde par la seule influence de son poids, on passe à 2 minutes pour le sable fin, à 2 heures pour l'argile, à 8 jours pour une bactérie, de 2 à 200 ans pour un colloïde.

La coagulation s'obtient par addition dans l'eau d'un réactif chimique le sel d'aluminium ou de fer qui neutralise les charges électriques superficielles répulsives, et permet ainsi leur agglomération. Celle-ci est accélérée par l'ajout d'un polymère.

Ce type de traitement primaire n'est pas généralisé à toutes les STEP mais la coagulation - floculation, suivie d'une décantation permet d'éliminer jusqu'à 90% de MES et de 40 à 65% de la DBO<sub>5</sub> des effluents résiduels urbains. Dans certains cas si les éléments à éliminer ont une densité légèrement inférieure à celle de l'eau, on les élimine par flottation avec ou sans

adjonction de polymère de fine bulles sont injectées à la base du bassin pour favoriser la remontée des boues et ces dernières sont éliminées par un raclage de surface [21].

## **II. 3. Les Traitements biologiques**

Si les prétraitements font appel à des procédés physiques, le traitement secondaire est une épuration biologique. C'est lors de ce traitement que s'élimine l'essentiel de la pollution carbonée biodégradable. Plusieurs types de bassins ou réacteurs sont utilisés, selon que les micro-organismes sont fixés sur un support ou en suspension dans l'eau. On parle de :

- Culture libres ou boues activées lorsque la biomasse est en suspension
- Cultures fixées ou lits bactériens lorsque la biomasse est fixée sur un support ici [21].

### **II. 3.1. boues activées**

On force ici le mélange du dioxygène, des eaux usées et des bactéries dans des bassins. Les espèces sont sélectionnées selon ce que l'on souhaite éliminer : carbone, azote, phosphore. Les bactéries et leurs déchets du métabolisme forment, dans un bassin appelé clarificateur, des boues (boues secondaires) qui sont ensuite traitées et utilisées pour la fertilisation des sols par exemple ; Une partie de ces boues retourne dans les bassins pour éviter une trop grande perte en bactéries [22].

Le mélange micro-organismes épurateurs et pollution à dégrader est appelé "boues biologiques" ou "floc». La concentration en bactéries est maintenue grâce à la recirculation des boues. La recirculation permet de maintenir le taux de biomasse épuratrice à une concentration de l'ordre de 3 g/l. Le rapport entre la pollution à traiter et la quantité de boues en aération définit l'âge des boues. Une partie des boues décantées est régulièrement extraite du système pour éviter une concentration en boues trop élevée dans le bassin d'aération [23].

### **II. 3.2. Le lagunage**

Le principe reste alors toujours le même. Les eaux vont passer successivement dans différents bassins dans lesquels différents organismes interviennent afin d'éliminer la charge polluante :

Avant l'entrée des eaux dans le premier bassin, un prétraitement est réalisé pour faciliter la suite des opérations. Dans un premier bassin, des bactéries interviennent pour éliminer les déchets (la matière organique) et les transformer en sels minéraux et en gaz. Par la suite, dans un deuxième bassin, ces produits sont récupérés par les plantes pour permettre leur développement. Celles-ci vont alors produire de l'oxygène (par photosynthèse). Les micro-

algues (phytoplancton) seront consommées dans les derniers bassins par le zooplancton (animaux microscopiques). A la fin de cette étape (80 jours environ après l'entrée dans le premier bassin), les eaux sont aptes à être rejetées dans le milieu naturel [24].

### **II. 3.3. Les disques biologiques**

Les disques biologiques ou biodisques sont une filière de traitement biologique aérobie à biomasse fixée. Les supports de la microflore épuratrice sont des disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation lequel assure à la fois le mélange et l'aération. Lors de la phase immergée, la biomasse absorbe la matière organique qu'elle dégrade par fermentation aérobie grâce à l'oxygène atmosphérique.

Dès qu'il dépasse une épaisseur de quelques millimètres, les boues en excédent se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont automatiquement renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées (filière classique) [25].

### **II. 3.4. Les lits bactériens**

Procédé de traitement biologique aérobie à culture fixée. Les micro-organismes se développent sur un matériau support régulièrement irrigué par l'effluent à traiter. Cette filière consiste à alimenter en eau, préalablement décantée, un ouvrage contenant une masse de matériau (pouzzolane ou plastique) servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique responsable de l'assimilation de la pollution.

La recirculation des boues vers le décanteur digesteur est essentielle. Les eaux usées sont réparties sur la partie supérieure du lit dans la majorité des cas, au moyen d'un distributeur rotatif (sprinkler). La satisfaction des besoins en oxygène est obtenue par voie naturelle ou par aération forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire aux bactéries aérobies pour les maintenir en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes sont assimilées par les micro-organismes formant le film biologique. Celui-ci est constitué de bactéries aérobies à la surface et de bactéries anaérobies en profondeur [26].

## **II. 4. Traitement tertiaire**

### **II. 4.1. Désinfection des effluents**

Ce traitement a pour objectif principal d'améliorer la qualité bactériologique de l'effluent épuré. Il existe différentes techniques (désinfection au chlore, au brome, par l'ozone, par rayonnement UV ou par lagunage) [27].

- Les œufs d'helminthes et les cryptosporidiums (protozoaires de 4 à 6 m) ne seraient pas détruits par les UV ni par le Cl, mais sont détruits à 99% par O<sub>3</sub> ou peuvent être arrêtés par microfiltration ;
- Les rayons UV-C 254 nm détruisent l'ADN, vital pour les microorganismes ;
- Ozonation C'est le procédé le plus efficace contre les bactéries et les virus Elle est recommandée pour détruire bactéries pathogènes et poliovirus ainsi que les kystes de Giardia [28].

Si on veut obtenir une réduction du nombre de coliforme supérieur à 99,9% on applique la dose suivantes ;

- Après traitement physico-chimique :3 à 10mg/l
- Après épuration biologique par boues activées 2 à 10mg/l [29].

## **II. 4.2. Elimination de l'azote**

Dans la plupart des eaux usées, l'azote est sous forme organique ou ammoniacale (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Une correcte oxygénation dans le bassin d'aération permet aux bactéries de transformer l'azote organique en ammoniacque puis d'oxyder l'ammoniacque en nitrate (NO<sub>3</sub>). Cette oxydation est une nitrification.

Les nitrates sont alors transformés en azote gazeux en condition anoxie :

- Absence d'oxygène dissout
- Présence d'oxygène combiné aux nitrates

Il faut stopper l'aération pour réaliser cette étape appelée dénitrification [14].

## **II. 4.3. Elimination de phosphate**

Le phosphore est un élément constitutif de la biomasse et représente en masse, suivant les stations, de 1 à 2,5% des matières sèches. La déphosphoration biologique entraîne un accroissement conséquent de ce pourcentage jusqu'à des valeurs de 5 à 6% et même plus lorsque les chiffres proviennent d'essais réalisés à l'échelle laboratoire [30]. La technique la plus utilisée pour l'épuration du phosphore consiste en la précipitation chimique par adjonction

de sels métalliques (fer ou aluminium ou de chaux). Les phosphates précipitent sous forme de sels métalliques ou d'hydroxydes et sont séparés de la phase liquide par décantation.

Les principaux réactifs sont le sulfate d'alumine, d'aluminate de soude, le sulfate ferreux, le chrome ferrique, le chloro sulfate ferrique et la chaux.

L'ajout du réactif peut-être effectué :

- après les prétraitements et avant le décanteur primaire ou le bassin d'aération
- Directement sur le bassin d'aération
- L'élimination peut également être partiellement faite par voies biologiques anoxie [31].

## **II. 5. Traitement des boues**

La production de boues d'épuration résultant du traitement biologique des eaux est en croissance. La gestion de ces boues est devenue un enjeu environnemental de premier ordre les deux issues majeures pour les boues sont la valorisation énergétique et la valorisation agricole. Dans ce contexte, d'importants efforts de recherche doivent être menés afin d'optimiser notamment l'épaississement, la déshydratation mécanique et le séchage des boues [32].

### **Conclusion**

Les eaux usées brutes sont des eaux qui n'ont pas été traitées, En général, le traitement des eaux usées se fait en plusieurs étapes. Ce traitement a pour objectif de débarrasser l'eau de certaines matières organiques, matières solides, nutriments, organismes pathogènes et autres polluants, ou d'en réduire la quantité, avant d'être rejetées dans l'environnement [33] . Les eaux usées peuvent subir quatre traitements avant d'être rejetées dans le milieu récepteur :

*1/ prétraitement*

*2/ Traitement primaire*

*3/ Traitement biologique*

*4/ Traitement tertiaire*

Afin de préserver les productions agricoles et l'environnement, l'innocuité des boues passe par le respect de normes d'épandage ou par l'utilisation de produits dérivés de celles-ci par voie chimique ou biologique [34].



## *Chapitre 3*

*La coagulation-  
floculation  
décantation*





# Partie experimentale





## *Chapitre 4*

# *Description de pilote et des appareillages de mesures*





# *Chapitre 5*

## *Les modes opérateurs*



## V. 1. Etude expérimentale de la CFD sur jar-test

### V. 1.1. les objectifs de la manipulation

A partir de ce travail on vise également à :

- ❖ Déterminer la concentration optimale des coagulants et des flocculants qui favorise une bonne élimination des matières colloïdales.
- ❖ Trouver la vitesse d'agitation, le temps d'agitation et le temps de décantation propices de la coagulation ainsi de la floculation.

#### V. 1.1.1. Les réactifs utilisés

- ➡ *Coagulant* : Nous avons utilisé le sulfate d'alumine et le chlorure ferrique comme coagulants au cours des essais sur jar-test.
- ➡ *Floculant* : nous avons réalisé nos études avec deux polymères : *Anionique et cationique*.

#### V. 1.2. la manipulation

- Les essais de jar test ont été réalisés au laboratoire de Sekkak et Les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été faites au niveau du laboratoire de l ADE Abou Tachfine.
- Nous avons travaillé seulement avec 800 ml dans des béciers de 1L de capacité pour éviter l'écoulement de nos solutions surtout quand la vitesse d'agitation arrive à 200tr/min.
- Avant d'entamer les essais de coagulation – floculation, nous avons d'abord préparé les quatre solutions mères notamment de coagulant et de flocculant.

#### V. 1.2.1. préparation de coagulant

- ❖ Le coagulant  $Al_2(SO_4)_3$  est préparé par dissolution dans l'eau, une solution mère est élaboré avec une concentration de 5g/l.
- ❖ le coagulant  $FeCl_3$  est préparé par l'introduction de 17.3ml de solution dans 1 litre d'eau distillée.

Le sulfate d'alumine que nous avons utilisé lors de cette étude est un produit par KEMIRA (compagnie espagnole livré en sac de 25 Kg) dont la fiche technique est présentée comme suivante :

- $Al_2(SO_4)_3$ .....17%

- $Al_2O_3$  %.....9.0+2.0
- $Al_2O_3$  libre.....0.3+0.2
- Densité apparente (25°C, g/cm<sup>3</sup>).....0.9+0.2
- pH solution.....3.5+0.5
- Formule chimique..... $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$
- Concentration......666g/l [72].

Le coagulant  $FeCl_3$  est un produit chimique sous forme de solution commerciale dont la fiche technique est la suivante :

- $FeCl_3$  %.....39.8+/-1.7
- Fer ferrique%.....13.7+/-0.6
- Fer ferreux %.....+/-0.5
- Chlorure %.....26+/-1
- Acidité libre %...../-3.2
- Chlore libre% .....exempt
- Densité (25 C)g/m<sup>3</sup> .....1.44+/-0.02
- pH solution .....2.0+/-0.5
- viscosité(25) mPa S.....10+/-5 [73].
- Masse moléculaire..... 162.21 g/l. [74].



Figure (V.1) : le sulfate d'alumine



Figure (V.2) : le chlorure ferrique

**V. 1.2.2. préparation de flocculant**

- ❖ Le polyamide : Nous avons utilisé dans notre travail un flocculant sous forme d'un Polymère anionique de la station de traitement de Sekkak. Le polymère a pour but d'améliorer la coagulation flocculation du procédé de traitement :
  - a) faire dissoudre 1g du polymère dans un Erlenmeyer de 250ml ;
  - b) chauffer le mélange pour faciliter la dissolution ;
  - c) agiter à l'aide d'un agitateur magnétique ;
  - d) verser la solution dans une fiole jaugée de 1L ;
  - e) ajuster avec l'eau distillée jusqu'à le trait de jauge ;
  - f) mettre les solutions mères dans un endroit à l'abri de la lumière, de la chaleur, des courants d'air
- ❖ même préparation pour le 2<sup>ème</sup> polymère : polymère cationique

**V. 1.2.3. les essais sur jar-test****a) Coagulation**

Le sulfate d'alumine ( $Al_2(SO_4)_3$ ) sont des substances industrielles actives, dont la manipulation est plus ou moins délicate, dont le cout est notable et dont les traces restant dans l'eau après traitement peuvent être plus ou moins toxiques (l'apparition de la maladie d'Alsheimeir). De plus, les coagulants ne sont efficaces qu'a certaines concentrations [75].

La concentration des coagulants et des flocculants, le temps et la vitesse d'agitation varient selon la qualité de l'eau et sont déterminé à l'aide d'un jar-test [76].

Avant de commencer la manipe il faut préparer un bidon de 40L pour assurer une homogénéité de la solution ;

- ❖ Bien laver les béchers ;
- ❖ Placer les béchers dans le " Jar-Test " ;
- ❖ Fixer les agitateurs à une vitesse rapide constante égale à 200 tr/min ;
- ❖ Ajouter des doses croissantes de coagulant (sulfate d'alumine) le plus rapidement possible et de façon identique dans chaque bécher à l'aide des pipettes et fixer l'agitation rapide pendant 2 min et le temps de décantation pendant 20 min ;
- ❖ puis on prélève 50 ml du surnageant à l'aide d'une pipette placée à une profondeur constante dans chaque bécher.

- ❖ remplir les cuves ;
- ❖ mesurer pour chaque échantillon la turbidité à l'aide de turbidimètre ;
- ❖ Enregistrer les résultats obtenus.

**Remarque** : le même opératoire pour le chlorure ferrique.

**b) Floculation**

La mesure des paramètres physico-chimique permet la détermination de la concentration optimale de coagulant  $C_c$  et la concentration optimale de floculant  $C_f$  .

Les étapes à suivre pour la détermination de la concentration de floculant  $C_f$  sont les suivantes :

- ❖ Remplir les béchers par les mêmes solutions dans l'étude de l'influence concentration de coagulant ;
- ❖ Placer les béchers dans le " Jar-Test " ;
- ❖ Mettre agitateurs avec une vitesse rapide égale à 200 tr/min ;
- ❖ Ajouter la dose optimale de coagulant dans chaque bécher et laisser l'agitation rapide pendant 2 min ;
- ❖ Réduire la vitesse d'agitation jusqu'à 30 tr/min ;
- ❖ Ajouter les doses croissantes de floculant;
- ❖ Laisser l'agitation lente pendant 15 min puis la décantation pendant 20 min ;
- ❖ Prélever à partir de chaque bécher 50 ml d'eau décantée ;
- ❖ mesurer la turbidité ;
- ❖ Enregistrer les résultats obtenus ;

**Remarque**

- ❖ On fait ramener les eaux épurées de la step de Ain lhoutz et on fait la dilution pour  $1/2$   $1/5$  et  $1/10$  pour cela il faut déterminer pour chaque dilution la  $C_c$  et la  $C_f$  en plus que le mode opératoire reste le même.

**V. 2. les analyses bactériologiques**

Concernant les analyses bactériologiques il ya deux méthodes

1. dans le milieu solide ;
2. dans le milieu liquide ; [77]

**V. 2.1. milieu solide par filtration**

- **Objectif**

Il s'agit d'une méthode de référence qui consiste en la recherche et le dénombrement des E- coli et des bactéries coliformes éventuellement présents dans les eaux usées épurées par comptage des colonies obtenus en milieu solide après 24h à 48h d'incubation en aérobiose à 36+/- °C puis à 42+/- °C. La méthode est recommandée pour les eaux peu contaminées [78].

- **Mode opératoire**

La recherche des bactéries coliformes par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes.

- ❖ Stériliser l'entonnoir en acier inoxydable ainsi que les membranes.
- ❖ Les refroidir par l'eau à analyser ou bien l'eau distillée.
- ❖ Mettez une membrane poreuse à l'aise d'une pince stérilisée.
- ❖ Déposer 100ml a 250ml devant un bec bunsen.
- ❖ Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau.
- ❖ Retirer la membrane et la transférer sur la surface d'une plaque de gélose TTC. Cette dernière sera incubée couvercle en bas à 36+/-°C pendant 24h. [79].

- **Lecture et interprétation**

Après la période d'incubation spécifiée, dénombrer les colonies qui se présentent sous forme de petites colonies lisses et bombées en jaune ou en jaune orangé. Repiquer de façon aléatoire 5 à 10 colonies a des fins de confirmation basée sur le test de 'oxydation d'une part et la production d'indole d'autre part. pour les besoins de ce test, effectuer tout d'abord u repiquage sur gélose TSA de 5 a10 colonies , a incuber a 36+/-2°C.

Transférer chaque colonie dans un tube contenant 3 ml de bouillon au tryptophane et l'incuber à 44°C pendant 24h. Puis ajouter 2 à 3 gouttes de kowacs pour la vérification de E-coli (l'oréole rouge) [80].

**V. 2.2. le milieu liquide**

- **Objectif**

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des bactéries coliformes thermo tolérants et des E- coli dans des eaux épurées avant et après la CFD, en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable(NPP) [81].

- **Mode opératoire**

La recherche se fait en (02) étapes :

- Le test de présomption pour la recherche des coliformes
- Le test de confirmation pour la recherche des coliformes thermo tolérants et E-coli.[82]

**1. test de présomption**

Le système se fait en fonction de la disponibilité des produits je prends en considération le système 5/1/1  $\left\langle \right\rangle$  5 tubes (double concentrés) ajouter 10 ml de l'eau à analyser puis 1 tube simple concentré ajouter 1ml de E AA puis 1 tube simple concentré ajouter 0.1 ml EAA ensuite incuber les tubes à 37°C pendant 48h, les tubes de BCPL trouvés positifs [83]

**2. test de confirmation**

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une ose bouclée dans tube contenant le milieu SCHUBERT muni d'une cloche de durham. Bien mélanger le milieu. L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie 44°C pendant 24h.

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant a la fois :

- un dégagement gazeux
- anneau rouge en surface après adjonction de 2 a 3 gouttes du réactif Kowacs témoin de la présence de E-coli.[84]

**V. 3. La coagulation-floculation et décantation sur le pilote**

**V. 3.1. Mode opératoire de la coagulation-floculation et décantation sur le pilote :**

L'eau à traiter est maintenue dans le bac d'alimentation de la suspension sous agitation permanente grâce à une pompe centrifuge immergée, puis alimenté à travers un débitmètre et une vanne de réglage VR1 dans le réacteur par une pompe centrifuge.

La solution de chlorure ferrique est stockée dans un bac spécifique de 30 litres de capacité, puis alimenté au réacteur par l'intermédiaire d'une pompe péristaltique.

Le réacteur est maintenu sous agitation permanente grâce à un agitateur à hélice à vitesse variable. Le produit de réaction est soutiré par surverse, puis alimenté le décanteur qu'on veut faire soit classique, soit lamellaire Co-courant ou Contre-courant [61].

#### **V. 3.1.1. La coagulation- floculation et décantation lamellaire Co-courant :**

Coagulation floculation et décantation avec le chlorure ferrique et le polymère anionique :

Le mode opératoire de la coagulation floculation et décantation lamellaire Co-courant impose les étapes suivantes :

- Nous avons préparé une solution floculante de 1g/l et Nous avons ensuite préparé 20 litres de solution mère de chlorure ferrique de 1 g/l de concentration et nous l'avons introduit puis dilué au 1/10 dans le bac d'alimentation du coagulant afin d'avoir une concentration de d'alumine de 1 g/l.
- Nous avons réglé le débit d'alimentation de la suspension à un débit fixe de 50L/h
- Nous avons réglé le débit d'alimentation du coagulant à un débit fixe de 5 l/h.
- Positionner les lamelles de telle manière que leur tige support supérieur soit introduite
- dans les rainures inférieures latérales des décanteurs vers la droite ;
- Nous avons positionné la vanne de distribution de décanteur VL1 de manière à alimenter celui-ci par le haut.
- Nous avons positionné la plaque verticale de fermeture du circuit hydraulique dans le décanteur de manière à éviter le passage direct d'eau brute coagulée vers la surverse d'eau clarifiée.
- prenez un échantillon d'une eau à traiter contenant dans le bac d'alimentation de suspension.
- Lorsque le décanteur est plein et après deux heures et quinze minute, nous avons pris des échantillons d'eau clarifiée tous les 5mn et après 30mn chaque heure.
- Nous avons noté ensuite les paramètres suivants: la turbidité, le pH, la température et la conductivité [61].

**V. 3.1.2. La coagulation- floculation et décantation lamellaire Contre-courant**

Le mode opératoire de la coagulation floculation et décantation lamellaire à Contre-courant est le même que le 1<sup>er</sup> sauf que la partie reliée du bassin de décantation qui est comme suite :

- Positionner les lamelles de telle manière que leur tige support supérieur soit introduite dans les rainures du décanteur vers la droite et leur base inférieure reposant sur les supports inférieurs latéraux du décanteur vers la gauche ;
- Positionner la vanne de distribution du décanteur VL1 de manière à alimenter celui-ci du bas ;
- Positionner la plaque horizontale de fermeture du circuit hydraulique dans le décanteur de manière à éviter le passage direct d'eau coagulée vers la surverse d'eau clarifiée sans passer par les lamelles ;
- prenez un échantillon d'une eau à traiter contenant dans le bac d'alimentation de suspension.
- Lorsque le décanteur est plein et après deux heures et quinze minutes, nous avons pris des échantillons d'eau clarifiée tous les 5mn et après 30mn chaque heure.
- noter les paramètres suivants : la turbidité, le pH, la température et la conductivité.[61]

**V. 3.1.3. La coagulation- floculation et décantation classique:**

Le mode opératoire de la coagulation floculation et décantation classique est le même que celle lamellaire, sauf la partie reliée du bassin de décantation qui impose l'enlèvement total des lamelles.

- prenez un échantillon d'une eau à traiter contenant dans le bac d'alimentation de suspension.
- Lorsque le décanteur est plein et après deux heures et quinze minutes, nous avons pris des échantillons d'eau clarifiée tous les 5mn et après 30mn chaque heure. [61]



## *Chapitre 6*

# *Résultats et interprétations*



## *Conclusion*

Notre travail a pour objectif d'amélioration la qualité des eaux épurées de la station d'épuration Ain houtz par les procédés physico –chimiques notamment la coagulation et la floculation suivi par une étape de décantation soit lamellaire ou bien classique. Ces essais sont effectués au niveau de laboratoire de traitement et d'épuration des eaux du Département d'Hydraulique à l'Université de Tlemcen et laboratoire de Sekkak et laboratoire de l'ADE Abutechfine.

Dans le cadre de cette étude on a présenté le mémoire en deux parties, la première est théorique : vise à donner des rappels sur les origines des eaux usées et les traitement adéquat et en particulier des connaissances sur le phénomène de la coagulation floculation.

La deuxième présenter des résultats d'essais expérimentaux que nous avons Structurés en plusieurs chapitres, cette étude expérimentale a permis la description détaillée des réactifs utilisés ainsi que des protocoles expérimentaux visent à :

- ➔ déterminer la dose optimale de coagulants et de floculants ;
- ➔ optimiser les conditions de travail ;
- ➔ analyser les échantillons d'eau à prélever ;
- ➔ choisir le type de décantation adéquat ;

Au cours de nos essais sur jar-test on peut conclure que :

- ❖ la dose optimale de coagulant s'augmente avec l'augmentation des charges négatives pour cela on a fait la dilution de 1/ 2 et de 1/5.
- ❖ la coagulation réduire au maximum la turbidité de l'eau épurée
- ❖ le meilleur coagulant c'est le chlorure ferrique.
- ❖ pour une bonne réduction des MES il faut ajouter un aide coagulant ;
- ❖ le polymère anionique est efficace pour l'élimination maximale des matières en suspension que le polymère cationique ;

D'après les analyses physico-chimiques on a constaté que la coagulation- floculation :

- ❖ élimination des streptocoques et les coliformes
- ❖ réduire les Escherichia-coli
- ❖ réduire les teneurs

La dernière manipulation sur le pilote (TE6000) confirme que la décantation à co-courant réduire la turbidité de l'eau à traiter.

## Bibliographies

- [1] Čedo Maksimovič , José Alberto Tejada-Guibert, pierre-Alain Roche (2001) : Les nouvelles frontières de la gestion urbaine de l'eau.
- [2] C.GOMELLA et H.GUERREE (1978) : les eaux usées dans les agglomérations urbains ou rurales.
- [3] Mr lakhdari bouazza- (2011) : « Effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz » MEMOIRE de MAGISTER ; UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID – TLEMCEN ; département de Chimie.
- [4] BENYOUB Assia, EL-MAGROUD Fatima Zohra (2013-2014) : « traitements des eaux usées urbaines par coagulation-floculation et décantation » MEMOIRE DE MAGISTER ; université des sciences et de la technologie d'Oran "MOHAMED BOUDIAF" ; Département de Génie Chimique.
- [5] FEPS : Fondation de l'Eau Potable Sure [www.safewater.org](http://www.safewater.org).
- [6] ATTAB Sarah 28 / 11 / 2011 : « amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre a sable » MEMOIRE DE MAGISTER ; université kasdi merbah-ouargla ; département des sciences de la nature et de la vie.
- [7] développement durable sur VeDu : [http://www.vedura.fr/environnement/eau/eaux usées](http://www.vedura.fr/environnement/eau/eaux_usées).
- [8] Sophie Vandermeersch 2005-2006 :« Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes » Université Libre de Bruxelles Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire pathogènes.
- [9]DJEDDI Hamsa 2006/2007 : « utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines » ; MEMOIRE DE MAGISTER université mentouri ; Département des sciences de la nature et de la vie.
- [10] Souad CHERIFI, Abdellah OUAGUED : « Efficacité de la stecité de la coagulation-floculation dans le traitement des eaux de rejets de l'unité Ceramit « Tenes » » ; Laboratoire eau environnement, Chlef Algérie.

[11] **BELAHMADI Mohamed seddik oussama 2011** : « étude de la biodégradation du 2,4-dichlorophénol par la microbiote des effluents d'entrée et sortie de la step d'ibn Ziad » ; MEMOIRE DE MAGISTER université mentoyri- constantine ; département de biochimie.

[12] **ministère** de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales : l'irrigation avec des eaux épurées.

[13][http://www.leconews.com/fr/200-stations-d-epuration-a-l-horizon-2015-30-01-2013-161939\\_262.php](http://www.leconews.com/fr/200-stations-d-epuration-a-l-horizon-2015-30-01-2013-161939_262.php) (consulté le 30/12/2015)

[14] **METAFRI Mohammed Said 2012** : « élimination de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées », MEMOIRE DE DOCTORAT université MOULOU MAMMERI TIZI-OUZOU » ; département des sciences agronomiques

[15]**Solne MOULIN, David ROZEN-RECHELS, Milena STANKOVIC** : Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et la Soci.t.Environmental Research and Teaching Institute Traitement des eaux usées.

[16] institue nationnal de la recherche et de la sécurité ED 5026 novembre 2004

[17] **DESHAYES Matthieu Juin 2008** : « la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés » INSA de Strasbourg, Spécialité Génie Civil, option aménagement du territoire .

[18] **Emmanuel Adler, ACONSULT avril 2005** : Cours sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement – ENTPE

[19] **OTHMANI boubker-MEGHABBERE 1997-1998** : « étude d'un système d'épuration des eaux usées de la ville de Mecheria », DEA en hydraulique université Abu bekr Belkaid.

[20] Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales ,FNDAE n° 28Jean-Pierre Canler, Jean-Marc Perret 2004. Document technique.

[21] **Y.Libes** : « Les eaux usées et leur épuration ».

[22] **MOULIN, David ROZEN-RECHELS, Milena STANKOVIC Année 2012-2013** : « Traitement des eaux usées » ATELIER LÔEAU ,24 rue Lhomond 75005 Paris [www.environnement.ens.fr](http://www.environnement.ens.fr).

[23] **AERM (Juillet 2007)** - Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse

[24] L'épuration des eaux usées : « le lagunage naturel Cas de la station de Mèze-Loupian Ecosite du Pays de Thau Département Animation.

[25] Fiche Technique sur l'assainissement collectif n°3 La filière disques biologiques .

[26] **AERM (Juillet 2007)** : Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse Lit bactérien.

[27] **Rachid HABIB et Ouissam EL RHAZI (2007)** : « Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées » MEMOIRE DE LICENCE ; Université Cadi Ayyad Marrakech.

[28] **Gérard Monchalin Paris (du 3 au 7 juillet 2000)** : « reprise et complétée par Jacques AVIRON-VIOLET avec les nombreux éléments, Eaux usées, Restauration, Recyclage et Réutilisation présentés lors du “ 1st World Water Congress of the International Water Association (IWA) .

[29] **Lahmer Latefa & Laouedj Samira 1996** : « étude d'un système d'épuration des eaux usées de la wilaya de ain-temouchent » MEMOIRE D'INGENIEUR EN HYDRAULIQUE.

[30] **STEVAN JANKOVIC** : manuel de chimie de l'environnement professeur STEVAN JANKOVIC

[31] Procédés de traitement des boues de station d'épuration, Laboratoire de Génie Chimique <http://www.ulg.ac.be/bioreact>.

[32] **Hadj sadok Z, (1999)**, « modélisation et estimation des biréacteurs, prise en compte des incertitudes application au traitement de l'eau » thèse de doctorat, l'université de Nice Sophia Antipolis.

[33] **S. ACHOUR, N. GUESBAYA Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 04, Juin 2005, pp.153-168** : coagulation-floculation par le sulfate d'aluminium de composés organiques phénoliques et de substances humiques , Laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface LARHYSS, Université de Biskra, B.P. 145, R.P., 07000, Biskra, Algérie.

[34] dans une goutte d'eau Eaux usées – Centre de traitement Novascotia nouvelle-ecosse Environnement 01.2010.

[35] Robert Thomozeau (1981), « stations d'épuration eau potable- eau usée », précis théorique & technologique.

[36] Faiza MEKHALIF 2009 : « réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement », MEMOIRE DE MAGISTER l'Université du 20 Août 1955 SKIKDA Faculté des Sciences Chimie.

[37] :Chapitre 3 –La coagulation, la floculation et l'agitation GCI 720 -Conception : usine de traitement des eaux potables Automne 2015.

[38] Dégrémont (1972), « mémento technique de l'eau », 11, rue la voisier-paris.

[39] **karim meziani juin 2013** : « microtamisage de l'effluent d'un bioréacteur à lit mobile (mbr), école polytechnique de montréal mémoire » diplôme de maîtrise et sciences appliquées (génie civil).

[40] **DJELLOULI .R et BELARB.O, (2008)**, « Etude sur la coagulation floculation et décantation sur les eaux épurées de la STEP de Ain ELHOUTZ » mémoire DEUA en Hydraulique Université de Tlemcen

[41] **Héctor Ricardo Hernández De León 2006** :Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau, Thèse Préparée au Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes du CNRS

[42] **MOISE DESIRE DIHANG** : « mécanismes de coagulation et de floculation de suspensions d'argiles diluées rencontrées en traitement des eaux » THESE DE DOCTORAT , universite paul sabatier, toulouse iii

[43] [http://www.eau-artois-picardie.fr/article.php?id\\_article=14](http://www.eau-artois-picardie.fr/article.php?id_article=14) consulté le 01/01/16

[44] **Christian Desjardins, 1999** :étude en laboratoire de la floculation lestee (actiflo") a l'aide d'une procedure modifiée de jar test, departement des gemes civil, géologique et des mines ecole polytechnique de montréal

[45] orchidis laboratoire le spécialiste d'analyse de l'eau <http://www.orchidis.com/fr/glossaire/floculant.html> consulté 01/01/16

[46] <http://www.siarl.fr/images/decantation.gif> consulté le (13/01/2016).

[47] purostar taritement d'eau en France.

[48] techniques l'ingenieur l'expertiset technique et scientifique de reference ; <Http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/operations-unitaires-separation-de-phases-decantation-et-filtration-42484210/decantation-j3450/> . consulté le 13/01/2016

[49] [http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich4\\_4.htm](http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich4_4.htm). consulté le 14/0.1/2016

[50] Cours : Traitement des Eaux I OURIEMI Sina Chap. III- La Décantation page - 21 -La Décantation.

**[51] biotechnologies stl st25s enseignement supérieurs traitement des eaux- traitement des eaux urbains** <http://www.acgrenoble.fr/disciplines/stbiotechnologies/articles.php?pg=107>  
16/01/2016

**[52] Christelle WISNIEWSKI 2009/2010** : « le traitement des effluents liquides »  
MEMOIRE DE MAGISTER ; Université Montpellier 1.

**[53] Raymond desjardins le traitement des eaux 2eme édition 1997.**

**[54]** [http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich4\\_42.htm](http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich4_42.htm) consulté( 15/02/2016).

**[55]** DEGREMONT, (2005), « Mémento technique de l'eau », 2ème édition, Lavoisier SAS  
14 rue de Provigny.

**[56]** <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0304/optsee/bei/5/binome4/eauxres.htm> consulté le  
(15/01/2016).

**[57]** J.Soc.Alger.Chim., 2010,Journal de la Société Algérienne de Chimie 83  
CARACTÉRISATION ET TRAITEMENT PAR COAGULATION-FLOCCULATION D'UN  
EFFLUENT DE LAITERIE R. AYECHÉ1 , A. BALASKA2 1 Laboratoire de génie de  
l'environnement, département génie des procédés, université Badji Mokhtar, Annaba .

**[58] SFRAOUI malika (2013)** : « étude comparative sur le prétraitement des eaux de mer par  
ultrafiltration et coagulation floculation » ; MEMOIRE MASTER université Abubakr belkaid,  
département d'hydraulique.

**[59]** espace d'information hydraulique, eau cycle de l'eau, qualité de l'eau, inondation  
pollution de l'eau, assainissement, eau potable hydraulique étude chantier.

**[60]** <http://hydrauliqueformation.blogspot.com/2013/01/coagulation.html> consulté le  
(21/01/2016).

**[61]** DELTALAB : Bultin Technique du pilote de coagulation-floculation et décantation.

**[62] futura\*science** <http://www.futurasciences.com/magazines/matiere/infos/dico/d/chimie-ph-222/> consulté (12/0./2016).

**[63]** recueil des méthodes internationales d'analyse des boissons spiritueuses d'origine  
viticole détermination du ph oiv-ma-bs-13 : r2009 1 méthode oiv-ma-bs-13.

[64] ccs le monde de l'eau et de l'environnement agree par le ministere chargé de la antémode d'emplou simplifié du P4.

[65] <http://www.shom.fr/les-activites/activites-scientifiques/oceanographie/la-turbidite-oceanique/techniques-de-mesure/> consulté (le 12/02/2016).

[66] Belahbib hadjira : méthode des analyses physico-chimiques ADE Tlemcen.

[68] turbidimètre de laboratoire modele 21000 N modes d'emploi.g

[69] LE CONDUCTIMETRE - URBANSKI Estelle - ROSSO Marie-Hélène - LINARES Margaux - SARY Karima -Elèves de 1ère Sciences et Technologie de Laboratoire.

[70] pour l'utilisation avec logiciel version 1n@hach compoany 1993.1997.2000 modele DR/2500 spectrophotometre de laboartoire procedures.

[71] INSA ROUEN Projet de Physique P6-3 STPI/P6-3/2011 – 2012 Principe de Fonctionnement et utilisation d'un spectromètre

[72] fiche technique PMS sulfate d'alumine.

[73] fiche technique PMS chlorure ferrique/ spécification.

[74] chlorure ferrique numéro CAS : 7705-08-0 le 14-10-2000 PMSD( programme pour une maternité sans danger).

[75] <http://hydrauliqueformation.blogspot.com/2013/01/coagulation.html> hydraulique urbaine et chantier.

[76] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Coagulation-floculation>.

[77] norme NF EN ISO 9308-1 : recherche et dénombrement des E coli et des bactéries coliformes partie1. méthode par filtration sur membrane.

[78] norme NF V 08-017 : dénombrement des coliformes fécaux et E-coli.

[79] norme XP V 08-102 règles générales pour le comptage des colonies et l'expression des résultats : cas de dénombrement en milieu solide.

[80] norme NF T90-413 : recherche et dénombrement des coliformes et des coliformes thermo tolérants. méthode générale par ensemencement en milieu liquide (NPP).

[81] norme NF ISO 721 : règles générales pour les examens microbiologiques.

[82] norme NF T90-411 : recherche e dénombrement des streptocoques du groupe méthode générale par réensemencement en milieu liquide (NPP) .

[83] institut pasteur d'Algérie les cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson du 10 au 22 mai 2008) dr LEBRES et dr Mouffok.

[85] <http://pravarini.free.fr/Chlorure-Ferrique.htm> consulté le (23/04/2016).

[86] CHERIF.L, (2012), « L'influence de la coagulation-floculation et décantation sur le prétraitement des eaux saumâtres »Mémoire de Master en Hydraulique Université de Tlemcen.

[87]<https://www.novascotia.ca/nse/water/docs/droponwaterFAQ-Alcalinite-pH-Fr.pdf>. consulté le 23/04/2016. consulté (le 29/05/2016).

[88][https://fr.wikipedia.org/wiki/Polym%C3%A9risation\\_anionique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Polym%C3%A9risation_anionique)consulté ( le 25/05/2016).

[89]**zitouni wafa (2013)** : « L'influence de la technique d'échange d'ion sur l'amélioration de la qualité des eaux épurée de la STEP d'Ain El Houtz » ; MEMOIRE DE MASTER ; université Abu bakr belkaid ; département d'hydraulique .