

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université De BLIDA 1



Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés

En vue de l'obtention du Diplôme de
MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité : Génie Chimique

Thème

**Traitement des eaux usées de la station déshuilage de Haoud
Berkaoui.**

Réalisé par :

M^{lle} Benziane Hibeterrahmane Saida

M^{lle} khichane Ikram

Encadré par :

M^{me} Allel Nora

M^{me} fatouche Rima

Année universitaire : 2022/2023

Remerciement

Nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donné la force d'accomplir ce projet fin étude et de le mener jusqu'au bout.

Nos remerciements s'adressent d'abord :

À notre promotrice madem Allel Nora qui nous a aidés à élaborer ce travail, pour ses conseils avisés, pour ses précieuses remarques sur notre travail et pour toute l'assistance.

Notre témoignage et gratitude sont adressés aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre CO-promoteur Madem fatouch rima de la crd boumerdas pour nous avoir encadrés durant notre projet de fin d'études et nous avoir conseillés tout le long de notre travail.

Nos remerciements sont aussi adressés à tous les enseignant ayant contribué à notre formation de graduation et de poste graduation ainsi qu'à nos camarades avec lesquels nous avons eu l'honneur et le plaisir de partager cette formation.

Nous remercions également tous nos professeurs et le personnel administratif qui nous ont accompagnés au cours des dernières années académiques, et qui nous ont tous aidés et soutenus, de près ou de loin, nous oublions jamais de remercier toutes nos familles, surtout nos parents, sans leurs soutiens nous naurions pas été ici aujourd'hui.

Nous ne saurons finir sans rendre hommage à toutes ces magnifiques amitiés qui entourent notre existence. Un grand merci à tous nos amis dont la présence, le soutien les échanges et le plaisir partagé nous rendent meilleur

Dédicace

À mon père (kamel), ma mère (zahai), mes frères, Mounir, Yacine, Abd El Hafid et surtout Mustapha, qui ont été mon soutien inconditionnel, je dédie ce mémoire de fin d'études.

Votre présence et votre soutien ont été des piliers essentiels tout au long de ce parcours. Grâce à votre amour et à vos encouragements, j'ai pu surmonter les obstacles et atteindre mes objectifs.

Maman, papa, votre soutien indéfectible m'a donné la confiance nécessaire pour aller de l'avant.

Votre amour inconditionnel est ma plus grande source de motivation.

Mes chers frères et sœurs, Mounir, Yacine, Abd El Hafid et Mustapha, votre présence et votre soutien m'ont apporté force et inspiration. Ensemble, nous avons traversé les hauts et les bas, et votre présence à mes côtés a été inestimable.

Et à toi, mon binôme Hiba, nous avons formé une équipe incroyable. Ton soutien, ta perspicacité et ta collaboration ont été indispensables à la réussite de ce travail.

Merci pour notre amitié et pour tout ce que nous avons accompli ensemble. À vous tous, je dédie ce mémoire avec gratitude et reconnaissance. Votre soutien infaillible a été la clé de ma réussite. Vous êtes les piliers sur lesquels je me suis appuyé(e) tout au long de ce parcours académique. Que cette dédicace témoigne de mon amour et de ma profonde gratitude envers vous. Je vous remercie du fond du cœur pour votre soutien et votre présence constante dans ma vie.

IKRAM

Dédicace

Je dédie ce travail

En particulier à mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance . J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

Mes frères pour leur grand amour et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.

Et toute ma famille et à tous ceux que j'aime.

Merci .

Hiba

الملخص

الهدف من عملنا هو معالجة المياه الملوثة من محطة إزالة الزيوت لتقييم وتحسين جودة هذه المياه بحيث تكون متطابقة مع المعايير الجزائرية. لذلك استخدمنا تقنية التخثر-التلبد، والتي درسنا من أجلها العوامل الرئيسية مثل الأس الهيدروجيني، والمواد الصلبة العالقة، والتعكر، والجرعة المثلى من مواد التخثر (كلوريد الألومنيوم) وكفاءة البنتونيت. قبل وبعد المعالجة.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن التخثر-التلبد هو تقنية جيدة جدًا لتقليل أو إزالة الملوثات الموجودة في النفايات السائلة قبل تصريفها في البيئة المستقبلية، كما أن البنتونيت أكثر فاعلية ويحسن كفاءة المعالجة.

الكلمات الرئيسية: التخثر، التلبد، ترسيب، اختبار الجرة، كلوريد الألومنيوم

Abstract :

The objective of our work is to treat waste water from the oil removal station to assess and improve the quality of this water so that it will be compatible with the description of the Algerian standard. We therefore used the coagulation-flocculation technique, for which we studied the main parameters such as pH, suspended solids, turbidity, the optimal dose of coagulants (aluminum chloride) and the efficiency of bentonite. before and after treatment.

The results obtained show that coagulation-flocculation is a very good technique for reducing or eliminating the contaminants present in the effluents before their discharge into the receiving environment and bentonite is more effective and improves the treatment efficiency.

Keywords: station H.B.K, coagulation, flocculation, sedimentation, jar-test, aluminum chloride

Résumé :

L'objectif de notre travail est de traiter des eaux usées de la station de déshuilage pour évaluer et améliorer la qualité de ces eaux pour qu'ils seront compatibles avec le décrit de la norme algérienne. Nous avons donc utilisé la technique de Coagulation- Flocculation, pour laquelle, nous avons étudié les principaux paramètres tels que, le pH, les MES, la turbidité, la dose optimale des coagulants (Chlorure d'aluminium) et l'efficacité de la bentonite avant et après le traitement.

Les résultats obtenus montrent que la coagulation-flocculation est une très bonne technique pour réduire ou éliminer les contaminants présents dans les effluents avant leur rejet dans le milieu récepteur et la bentonite est plus efficace et améliore l'efficacité de traitement.

Mots clés : coagulation, flocculation, décantation, Chlorure d'aluminium

Sommaire

Liste des figures.	
Liste de tableaux.	
Introduction générale.	01
Chapitre I GENERALITES SUR LES EAUX USEES	04
I.1. Définition des eaux usées.	05
I.2. Origine de la pollution des eaux.	05
I.2.1. Les eaux domestiques.	06
I.2.2. Les eaux industrielles.	06
I.2.3. Les eaux agricoles.	06
I.2.4. Les eaux pluviales.	06
I.3. Les différents types de la pollution des eaux usées.	07
I.3.1. La pollution physique.	07
I.3.2. Pollution chimique.	07
I.3.3. Pollution biologique.	07
I.3.4. Pollution par les hydrocarbures.	08
I.3.5. Pollution radioactive.	09
I.3.6. Pollution organique.	09
I.3.7. Pollution minérale.	09
I.3.8. Pollution mécanique.	09
I.4. Définition des eaux huileuses.	09
I.4.1. Eau normalement huileuse.	10
I.4.2. Eau accidentellement huileuse.	10
I.5. Présence des hydrocarbures dans l'eau.	10
I.5.1. L'huile Insoluble décantable.	10
I.5.2. Soluble, oléfine et paraffine légère.	10
I.5.3. Insoluble non décantable (émulsion).	10
I.6. Paramètres caractéristiques de mesure de la pollution des eaux huileuses	11
I.6.1. Paramètres organoleptiques.	11
I.6.1.1. La couleur.	11
I.6.1.2. L'odeur.	11
I.6.2. Paramètres physiques.	11
I.6.2.1. La température.	11
I.6.2.2. Les matières en suspension (MES).	11
I.6.2.3. La turbidité.	11
I.6.3. Paramètres chimiques.	12
I.6.3.1. Le potentiel d'hydrogène.	12
I.6.3.2. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅).	12
I.6.3.3. La demande chimique en oxygène (DCO).	12
I.6.3.4. La conductivité.	12
I.6.3.5. Le phosphore.	13
I.6.3.6. L'azote.	13
I.7. Normes de rejet.	13
Chapitre II Coagulation et floculation	14
II.1. Processus de coagulation-floculation	15
II.1.1. Définition de la coagulation-floculation	15
II.1.2. Rôle de la coagulation-floculation	15
II.2. Processus de coagulation :	16
II.2.1. Principe	16
II.2.1.1. Compression de la double couche	17

II.2.1.2. Adsorption et neutralisation des charges.	17
II.2.1.3. Emprisonnement des particules dans un précipité	18
II.2.1.4. Adsorption et pontage.	19
II.2.2. Les facteurs influençant la coagulation.	20
II.2.2.1. Influence du Ph.	20
II.2.2.2. Influence de la turbidité.	20
II.2.2.3. Influence de la Température de l'eau.	20
II.2.2.4. Influence du coagulant.	21
II.2.2.5. Influence de l'agitation.	21
II.2.2.6. Influence de la minéralisation.	21
II.2.2.7. Influence de la couleur.	21
II .3. Processus de floculation.	22
II.3.1. Principe	22
II.3.2. Types de floculation	22
II.3.2.1. Floculation physique	22
II.3.2.2. Floculation chimique	22
II.3.2.3. Floculation Orthocinétique.	23
II.3.2.4. Floculation péricinétique.	23
II.4. Décantation	23
II.4.1. Définition	23
II.4.2. Les types de décantation	23
II.4.2.1. Décantation des particules discrètes	23
II.4.2.2. Décantation des particules floculantes :	24
II.4.2.3. Décantation freinée	24
II.4.2.4. Décantation en compression de boue	24
Chapitre III matériel et méthode	25
b/ Présentation de la station de déshuilage du champ de Haoud Berkaoui	26
Station de déshuilage du champ Haoud Berkaoui	26
Échantillonnage	26
III .1. Appareillage	27
III.2. Matériel et produits	27
III .3. Préparation des coagulants et des floculants	27
III.3.1. Préparation du coagulant	27
III.3.2. Préparation de l'aide coagulant : (Bentonite)	27
III.3.3. Préparation du floculant	28
III.4. Dispositifs expérimentaux	28
III.4.1. Jar test	28
III.4.2. Mesure du pH	30
III.4.3. Mesure de Turbidité	30
III.4.4. Détermination des matières en suspension (MES)	31
Chapitre IV Résultats et discussions	32
IV.1.Introduction	33
IV.2. Détermination de la dose optimale du coagulant	33
IV.2.1. Effet de la dose du coagulant sur le pH	34
IV.2.2. Effet de la dose du coagulant sur les MES	34
IV.2.3. Effet de la dose du coagulant sur l'efficacité	35
IV.3 : Effet de NaOH sur les paramètres de traitement	36
IV.3.1. Effet de la dose du NaOH sur le pH	37
IV.3.2. Effet de la dose de NaOH sur les MES	38
IV.3.3. Effet de la dose NaOH sur l'efficacité	38

IV.4. Essais de coagulation-floculation avec le 2 ^{ème} échantillon	39
IV.4.1. Effet du coagulant (AlCl ₃)	39
IV.4.1.1. Effet de la dose du coagulant sur le pH	40
IV.4.1.2. Effet de la dose du coagulant sur les MES	40
IV.4.1.3. Effet de la dose du coagulant sur l'efficacité	41
IV.4.2 : Effet de NaOH sur les paramètres de traitement	41
IV.4.2.1. Effet de la dose de NaOH sur le pH	42
IV.4.2.2. Effet de la dose du coagulant sur les MES	43
IV.4.2.3. Effet de la dose du coagulant sur l'efficacité	43
IV.4.3 : Effet de la dose d'adjuvant sur la variation des paramètres physico-chimiques	44
IV.4.3.1. Effet de la bentonite sur le pH	45
IV.4.3.2. Effet de la bentonite sur les MES	45
IV.4.3.3. Effet de la bentonite sur l'efficacité	46
IV.4.4. Comparaison de l'efficacité du traitement en présence et en l'absence de l'adjuvant	47
Conclusion General	

Liste des figures

Figure I.1 : Une eau usée	5
Figure I.2 : Source et nature des eaux usées.	7
Figure I.3 : Pollution par les hydrocarbures.	8
Figure II.1 : Représentation schématique de la compression de la couche diffuse.	17
Figure II.2 : Représentation schématique de neutralisation des charges.	18
Figure II. 3 : Emprisonnement des particules dans les floes pendant la décantation.	19
Figure II. 4: Adsorption et potage à l'aide de polymères .	20
Figure III.1 : la bentonite	28
Figure III.2 : Le jar test	29
Figure III. 3 : Turbidimètre (2100N).	30
Figure III.4 : Filtre millipores	31
Figure III.5 : Dispositif de filtration sous vide	31
Figure IV. 1 : 1 ^{er} Essai de jar-test	33
Figure IV.2 : Effet de la dose du coagulant sur le pH.	34
Figure IV.3 : les filtres du 1 ^{er} test après séchage	34
Figure IV.4 : Effet de la dose du coagulant sur les MES.	35
Figure IV.5 : .Effet de la dose du coagulant sur l'efficacité.	36
Figure IV.6 : 2 ^{ème} Essai de jar-test	37
Figure IV.7 : Effet de la dose de NaOH sur le pH.	37
Figure IV.8 : les filtres du 2 ^{ème} essai après le séchage	38
Figure IV.9 : Effet de la dose de NaOH sur les MES.	38
Figure IV.10 : .Effet de la dose de NaOH sur l'efficacité.	39
Figure IV.11 : Effet de la dose du coagulant sur le pH.	40
Figure IV.12 : Effet de la dose du coagulant sur les MES.	40
Figure IV.13 : .Effet de la dose de coagulant sur l'efficacité.	41
FigureIV.14 : 2 ^{ème} Essai de jar-test	42
Figure IV.15 : Effet de la dose de NaOH sur le pH.	42
Figure IV.16 : les filtres du 2 ^{ème} essai après le séchage	43
Figure IV.17 : Effet de la dose de NaOH sur les MES.	43

Figure IV.18 : .Effet de la dose de NaOH sur l'efficacité.	43
Figure IV.19 : 3 ^{ème} Essai de jar-test	44
Figure IV.20 : Effet de la bentonite sur le pH.	45
Figure IV.21 : Effet de la bentonite sur les MES.	45
Figure IV.22 : .Effet de la bentonite sur l'efficacité.	46
Figure IV.23 : les paramètres de traitement (MES, pH, Turbidité) avec et sans bentonite.	47

Liste des tableaux

Tableau III.1 : Appareillage utilisé	27
Tableau III. 2 : Matériels et produits utilisés.	27
Tableau III.3 : classe de turbidités usuelles	30
Tableau IV. 1 : Effet de la dose du coagulant $AlCl_3$ sur la variation des paramètres de traitement	33
Tableau IV.2 : Effet de la dose du coagulant sur la turbidité et l'efficacité	35
Tableau IV.3 : Effet de la dose de NaOH sur la variation des paramètres de traitement	36
Tableau IV.4 : Variation de la turbidité et l'efficacité	38
Tableau IV.5 : effet de la dose de coagulant $AlCl_3$ sur la variation des paramètres de traitement	39
Tableau IV.6 : Variation de la turbidité et de l'efficacité	41
Tableau IV.7 : Effet de la dose de NaOH sur la variation des paramètres de traitement	41
Tableau IV.8 : Variation de la turbidité et de l'efficacité	44
Tableau IV.9 : Effet de la dose de la bentonite sur la variation des paramètres de traitement	44
Tableau IV.10 : Variation de la turbidité et de l'efficacité	46

Liste des abréviations

MES : matière en suspension

DBO : demande biologique d'oxygène

DCO : demande chimique d'oxygène

HBK : station de déshuilage de HAOUD BERKAOUI

NTU : néphélométrie turbidité unit

D-LAB : la division laboratoire

PH : potentiel d'hydrogène

HC : les hydrocarbures

Introduction

Générale

Introduction Générale

Les accroissements démographiques et les développements économiques et urbains dans le monde sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale. Plusieurs risques notamment des maladies et des épidémies sont propagées en fonction de la source de pollution, et particulièrement celles causées par les eaux usées rejetées dans les milieux récepteurs sans aucun traitement. En effet, la protection de l'environnement est devenue un des enjeux majeurs de développement économique. Ainsi, à travers une prise de conscience mondiale, les émissions polluantes, les déchets industriels, la contamination des cours d'eau, les perturbations climatiques, les incidences sur la santé, constituent désormais autant de sujets sensibles, où l'industrie pétrolière fait souvent figure d'accusée. [1]

Les puits producteurs de pétrole, les usines de traitement de gaz et les raffineries produisent quotidiennement de grandes quantités d'eaux contaminées par des hydrocarbures, des particules solides et des matières en suspension.

La minimisation de l'impact de l'industrie pétrolière sur l'homme et l'environnement est devenue une des principales préoccupations des pays producteurs de pétrole. Elle constitue actuellement une composante essentielle dans la stratégie de développement des entreprises.[2]

En Algérie, Haoud Berkaoui est l'une des dix (10) principales zones productrices de pétrole. Il est situé à 770 Km au sud de la capitale Alger et englobe trois centres de production à savoir : le centre de Haoud Berkaoui, le centre de Guellala et le centre de Benkahla. [2]

Le centre de Haoud Berkaoui assure la production de brut, la récupération de gaz torché, l'injection de l'eau et le traitement des eaux usées industrielles. [2]

Dans le cadre de la concrétisation de la politique de l'entreprise relative à la protection de l'environnement, la direction régionale de Haoud Berkaoui a mis en place une station de déshuilage dans chaque centre producteur. Ces stations dont la capacité de traitement est de 100 m³ /h assurent à la fois la récupération des hydrocarbures et la production d'eau de réinjection. [2]

L'objectif de notre travail est de traiter des eaux usées de la station de déshuilage, pour évaluer et améliorer la qualité de ces eaux pour qu'elles seront compatibles avec le décrit de la norme algérienne. Afin de mieux positionner le sujet de ce mémoire, La première partie est consacrée à une étude bibliographique qui concerne les chapitres suivants : les chapitres I et II s'articulent sur des généralités sur les eaux usées, et les méthodes de traitement par coagulation floculation. La deuxième partie présente l'étude expérimentale. Dans le troisième chapitre nous

Introduction Générale

présentons les méthodes et le matériel utilisé. Le quatrième chapitre présente les résultats essentiels des essais réalisés au cours de ce travail expérimental avec discussion. Nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES

EAUX USEES

Introduction

Parmi toutes les composantes de notre environnement, l'eau peut être considérée comme un élément fondamental de la vie quotidienne.

Les eaux usées (ou eaux polluées) sont des eaux qui ont été altérées par l'activité humaine et sont une mixture diluée provenant de différents rejets : résidences, commerces, usines ou eaux de ruissellement provenant d'un parc de stationnement.

A travers ce chapitre, nous essayerons d'offrir un aperçu général sur la provenance, les caractéristiques ainsi que le traitement des eaux usées.

I.1. Définition des eaux usées :

Les eaux usées sont toutes les eaux qui parviennent dans les canalisations des eaux usées et dont les propriétés naturelles ont été transformées par les utilisations domestiques, les entreprises industrielles, agricoles et autres. On englobe, aussi, les eaux de pluie qui s'écoulent dans ces canalisations. [3]



Figure I.1 : Une eau usée

I.2. Origine de la pollution des eaux :

Nous distinguons quatre grandes catégories des eaux usées :

- Les eaux usées domestiques ;
- Les eaux usées industrielles ;

- Les eaux usées agricoles ;
- Les eaux usées pluviales.

I.2.1. Les eaux domestiques :

Ils proviennent de différentes sources d'eaux domestiques. Il s'agit principalement des eaux ménagères de la vaisselle avec des détergents, des graisses dites eaux grises, des cuvettes de toilettes contenant des matières organiques azotées et phosphatées et des bactéries fécales dites eaux noires (Soufiya, 2009). [4]

I.2.2. Les eaux industrielles :

Les eaux résiduaires industrielles sont les déchets liquides résultant, selon les activités exercées, de l'extraction ou de la transformation de matières premières en produits industriels (produits primaires), de la transformation éventuelle de ces produits primaires (produits dérivés), ainsi que de l'utilisation des produits primaires ou dérivés pour la fabrication de biens de consommation (Meinch et al., 1977). [5]

La variété des eaux usées industrielles est très grande. Certaines de ces eaux sont toxiques pour la flore et la faune aquatiques ou pour l'homme. Il faut bien distinguer les eaux résiduaires et les liquides résiduaires de certaines industries (Edline, 1979).

I.2.3. Les eaux agricoles :

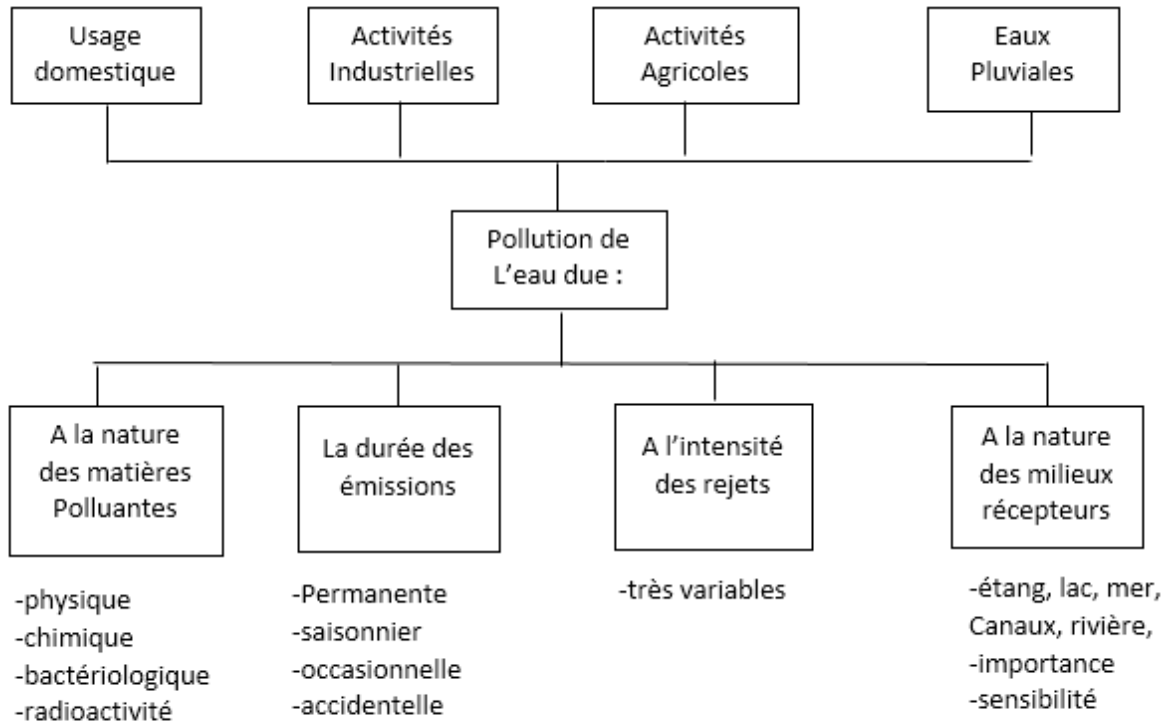
L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses.

Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des cours d'eau ou des retenues. [6]

I.2.4. Les eaux pluviales :

Elles peuvent aussi constituer des pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air

(Fumées industrielles) puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, ...). En outre, lorsque le système d'assainissement est dit "unitaire", les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques [7]



(Source : direction de l'environnement, 1990).

Figure I.2 : Source et nature des eaux usées.

I.3. Les différents types de la pollution des eaux usées :

I.3.1. La pollution physique :

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution atomique (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) [8]

I.3.2. Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle, domestique et agricole. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents) et minérale (métaux lourds, cyanures, azote, phosphore...). [9]

I.3.3. Pollution biologique :

Toutes les eaux sont susceptibles d'être polluées par des micro-organismes. L'eau destinée à l'utilisation par l'homme doit être autant que possible indemne de contamination par des bactéries ou des virus pathogènes. Il s'agit de la pollution par des micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons, efflorescences planctoniques, etc.) Les germes pathogènes pour l'homme sont nombreux et de détermination délicate, au fait de leur faible concentration dans les eaux. Aussi, compte tenu de l'origine intestinale préférentielle des bactéries et des virus pathogènes des eaux, d'une part, et d'autre part, de l'élimination massive de commensaux de l'intestin par chacun des individus d'une population donnée. [9]

I.3.4. Pollution par les hydrocarbures :

Elle provient des industries pétrolières et des transports, ce sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables (Figure 2), leur densité inférieure à celle de l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère. [10]



Figure I.3 : Pollution par les hydrocarbures.

I.3.5. Pollution radioactive :

La radioactivité des eaux naturelles peut être d'origine naturelle (uranium, radium.) ou artificielle (énergie nucléaire).

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde), ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), des champs de rayonnements d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations des centrales Nucléaires. (Mostapha, 2000). [11]

I.3.6. Pollution organique :

La pollution organique est la plus répandue. Elle peut être absorbée par le milieu récepteur tant que la limite d'autoépuration n'est pas atteinte. Au-delà de cette limite, la respiration de divers organismes aquatiques prend le pas sur la production d'oxygène.

I.3.7. Pollution minérale :

La pollution minérale due essentiellement aux rejets industriels modifie la composition minérale de l'eau. Si certains éléments sont naturellement présents et sont indispensables au développement de la vie, un déséquilibre de ces mêmes éléments provoque le dérèglement de la croissance végétale ou des troubles physiologiques chez les animaux. D'autres comme les métaux lourds hautement toxiques, ont la fâcheuse propriété de s'accumuler dans certains tissus vivants et constituent une pollution différée pour les espèces situées en fin de la chaîne alimentaire.

I.3.8. Pollution mécanique :

La pollution mécanique provient de la mise en suspension dans l'eau de fines particules d'origines diverses. Celles-ci colmatent les fonds des ruisseaux et des rivières et diminuent ainsi les échanges possibles entre l'eau et la terre. Toutes ces formes de pollution sont rencontrées dans les eaux de rejets des unités pétrolières.

I.4. Définition des eaux huileuses :

L'eau huileuse est composée d'une phase huileuse dispersée dans une phase aqueuse en émulsion sachant que l'huile sera donc dispersée dans l'eau sous forme de petites gouttelettes. Les rejets des centres de traitement d'huile sont représentés essentiellement par des eaux de gisement salées saturées contenant : des hydrocarbures, des métaux lourds en très faibles

quantités, des inhibiteurs de corrosion, des détergents, du gaz oil, des huiles de vidange de la poussière métallique et des produits chimiques des laboratoires tels que les acides chlorhydrique et sulfurique, la soude caustique, le nitrate d'argent etc...

Les eaux huileuses peuvent être subdivisées en deux groupes :

I.4.1. Eau normalement huileuse :

Ce type de contamination des eaux par les hydrocarbures est inévitable. L'apport de plusieurs gratines en litre d'hydrocarbure peut découler de :

- Les drainages des stockages de brut ou de produits raffinés. Ils peuvent contenir jusqu'à quelques grammes par litres de HC.
- Les eaux pluviales tombées sur les unités, les pomperies et les postes de chargement
- Les eaux de lavage de sol

I.4.2. Eau accidentellement huileuse :

Cette catégorie d'eau huileuse est présente généralement en faible quantité. Elle provient des fuites et des eaux pluviales tombées à l'extérieur de l'unité de production.

I.5. Présence des hydrocarbures dans l'eau :

L'hydrocarbure est présent dans l'eau sous trois formes différentes :

I.5.1. L'huile Insoluble décantable :

C'est une huile libre qui surnage rapidement à la surface de l'effluent sous l'effet de la densité.

I.5.2. Soluble, oléfine et paraffine légère :

Ce sont des sous-produits de la distillation du pétrole qui s'évaporent à des températures élevées. Ces vapeurs peuvent avoir des effets très nocifs car elles sont facilement absorbées par les tissus humains. [12]

I.5.3. Insoluble non décantable (émulsion) :

Une émulsion est une dispersion d'un liquide en fines gouttelettes dans un autre liquide. Les deux liquides étant non miscibles :

- Le liquide sous forme de gouttelettes est qualifié de phase dispersée, phase discontinue ou phase interne

- L'autre liquide est appelé phase dispersante, phase continue ou phase externe. Les émulsions appartiennent donc aux systèmes dispersés.

I.6. Paramètres caractéristiques de mesure de la pollution des eaux huileuses :

I.6.1. Paramètres organoleptiques :

I.6.1.1. La couleur :

La couleur de l'eau d'égout d'origine domestique est normalement grisâtre, une couleur noire indique une décomposition partielle, les autres teintes indiquent un apport d'eau résiduaire industrielle. [13]

I.6.1.2. L'odeur :

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation, Elle dégage une odeur nauséabonde. [13]

I.6.2. Paramètres physiques :

I.6.2.1. La température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. (RODIER et AL, 2005)

I.6.2.2. Les matières en suspension (MES) :

C'est l'ensemble des matières solides minérales ou organiques insolubles présentes dans un liquide. Dans les réacteurs biologiques, la matière organique est principalement sous forme de micro-organismes. Les MES sont responsables de la turbidité et souvent de la couleur. Les particules fines en suspension dans une eau sont soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit produites par les rejets urbains et industriels

I.6.2.3. La turbidité :

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme

colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau. [14]

I.6.3. Paramètres chimiques :

I.6.3.1. Le potentiel d'hydrogène :

Le pH (potentiel hydrogène) est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H^+) ou d'ions hydroxyde (OH^-) contenus dans la substance quand les quantités de ces deux ions sont égales, l'eau (ou la substance) est considérée comme neutre, Le pH d'une substance varie entre 1 et 14. Au-dessus de 7, la substance est considérée comme basique en-dessous de 7, la substance est acide. [15]

I.6.3.2. La demande biochimique en oxygène (DBO_5) :

La demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO_5) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et inorganiques.

Elle représente la quantité de pollution biodégradable ; cette méthode d'analyse de pollution correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pendant cinq jours aux micro-organismes (bactéries) contenus dans l'eau pour oxyder une partie des matières carbonées. Cette mesure permet une certaine évolution des nuisances provoquées par les rejets de matières organiques biodégradables en mesurant une consommation d'oxygène. [16]

I.6.3.3. La demande chimique en oxygène (DCO) :

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques y compris les matières biodégradables et non biodégradables par voie chimique. Vu la simplicité de mesure de la DCO et sa précision, il s'est avéré nécessaire des corrélations entre la DBO_5 et la DCO ainsi le rapport DCO/DBO_5 des eaux usées urbaines est proche de 2 le rapport DCO/DBO_5 des effluents domestiques est de 1,9 à 2,5. [17]

I.6.3.4. La conductivité :

La conductivité électrique est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité. C'est une expression numérique de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique mesuré en milli-siemens par centimètre. [18]

I.6.3.5. Le phosphore :

Les eaux usées domestiques peuvent être chargées de détergents qui sont des produits contenant du phosphate. De même, l'urine rejetée dans l'environnement soit directement, soit par le biais des égouts contient aussi des phosphates. Le lessivage des terrains agricoles par les eaux de ruissellement est aussi une source de contamination du milieu récepteur. Les phosphates en eux-mêmes sont non toxiques pour la vie animale et végétale mais ils portent atteinte à l'environnement dès lors qu'ils sont en fortes concentrations. En effet, ils deviennent alors de véritables engrais pour les milieux aquatiques qu'ils contribuent à enrichir exagérément en matière organique perturbant ainsi les écosystèmes aquatiques. Ils constituent aussi l'une des causes majeures de l'eutrophisation. [19]

I.6.3.6. L'azote :

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent, ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total. (RODIER, 2005).

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants, de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole. Les ions ammonium proviennent de la dégradation des protéines animales (cycle de l'azote), des effluents domestiques (urée) et des ruissellements urbains. L'ammonium étant toxique pour l'organisme humain, la présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et un élément indicateur de la pollution. [20]
[21]

I.7. Normes de rejet :

Les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral Marin, souterrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire.

Les normes de rejets sont présentées selon le décret algérien (annexe 1). [22]

Chapitre II

Coagulation et

Floculation

Chapitre II Coagulation et floculation

En tant que processus unitaire du traitement de l'eau, la coagulation résulte de l'addition de réactifs chimiques dans des dispersions aqueuses, afin d'assembler en agrégats plus gros, les fines particules dispersées. Ces nouveaux agrégats peuvent être éliminés, après floculation, par des procédés tels que la décantation ou la filtration. La floculation est considérée ici comme processus distinct qui a lieu en fin de coagulation. Elle consiste à favoriser la croissance de floes macroscopiques, avec ou sans utilisation d'additifs tels que les adjuvants de floculation. [23]

Dans ce chapitre, nous allons présenter des généralités sur le procédé de coagulation floculation avec les différents coagulants et les réactions du coagulant.

II.1. Processus de coagulation-floculation :

II.1.1. Définition de la coagulation-floculation :

Le terme colloïde est proposé par Thomas Graham en 1861. Il provient des mots grecques : ΚΟΛΛΑ (Kolla) qui signifie colle et Εἶδος (eidos) ou Εἶδομαι (eidomei) qui signifie comme. [24]

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre : les colloïdes dont l'élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes. [25]

La coagulation a pour but la déstabilisation des colloïdes et leur agglomération ainsi que celle des particules fines en suspension. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre par addition d'un réactif chimique, dit « le coagulant ». Elle agit également par adsorption sur les substances dissoutes et les grosses molécules organiques hydrophiles en suspension stable (Godart. H, 2000). [24]

La floculation est l'agglomération de ces particules déchargées en micro-floes, puis en flocons volumineux et décantables. Cette floculation peut être améliorée par l'ajout d'un autre réactif dit le flocculant ou adjuvant de floculation. [24]

II.1. 2. Rôle de la coagulation-floculation :

Chapitre II Coagulation et floculation

Les procédés de coagulation et de floculation facilitent l'élimination de MES et des colloïdes en les rassemblant sous forme de floccs dont la séparation est ensuite effectuée par des systèmes de décantation, flottation et/ou filtration. [25]

Ils constituent les traitements de base appliqués pour corriger tous ou une partie des défauts de l'eau liés aux fractions particulières inertes (limons, argiles, colloïdes) ou vivantes (micro-algues planctoniques ; micro-invertébrés en particulier les kystes des protozoaires parasites : amibes, Giardia Cryptospridium... ; bactéries). [25]

Ils assurent aussi l'élimination de la fraction « floculable » des matières organiques (macromolécules, en particulier la plupart des acides humiques responsables de la couleur), de certains métaux lourds, plus généralement de la fraction des micro-polluants associés à ces MES et macromolécules colloïdales dont les virus, pratiquement toujours portés par les MES et colloïdes de l'eau (Ymottot, 2000). [23]

II.2. Processus de coagulation :

II.2.1. Principe :

Les particules colloïdales en solution sont naturellement chargées négativement. Ainsi, elles tendent à se repousser mutuellement et restent en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution. La coagulation consiste à la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives. On utilise, pour ce faire des réactifs chimiques nommés coagulants (Hernandez de León, 2006). L'adjonction du coagulant produit dans un premier temps un ensemble de réactions complexes d'hydrolyse, d'ionisation et également de polymérisation et dans un second temps, une déstabilisation des colloïdes par un ensemble de mécanismes complexes (Brahmi et al, 2010). Le procédé nécessite une agitation importante (Hernandez de León, 2006). [24]

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles tendent à éloigner les particules les unes des autres et, par conséquence, à les stabiliser dans la solution. Le but principal de coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération. [24]

On distingue ainsi quatre mécanismes de base pour la déstabilisation des particules colloïdales (Benfield, Judkins et Weand 1982 ; Desjardins, 1988) :

- Compression de la double couche (coagulation électrostatique) ;
- Adsorption et neutralisation des charges ;

Chapitre II Coagulation et floculation

- Emprisonnement des particules dans un précipité ;
- Adsorption et pontage. [23]

II.2.1.1. Compression de la double couche

Lorsqu'un électrolyte est ajouté à une dispersion colloïdale, la charge de la surface ne change pas si la charge est causée par une imperfection du cristal comme dans le cas des particules d'argile. Toutefois, l'addition de l'électrolyte va augmenter la densité de charge dans la couche diffuse en favorisant sa contraction. L'effet de cette contraction consiste à changer la distribution des forces répulsives de la double couche au sein du colloïde, entraînant une réduction de la surface potentielle avec l'augmentation de la concentration de l'électrolyte, ce qui permet aux forces attractives de van der Waals de devenir plus dominantes, favorisant ainsi l'agrégation des particules. À une concentration d'électrolyte élevée la force de répulsion disparaît et l'agglomération des particules se fait rapidement. Mais, aucune restabilisation des particules due à une inversion de charges ne devrait apparaître après ajout d'un surplus de coagulant (Benfield, Judkins et Weand, 1982).

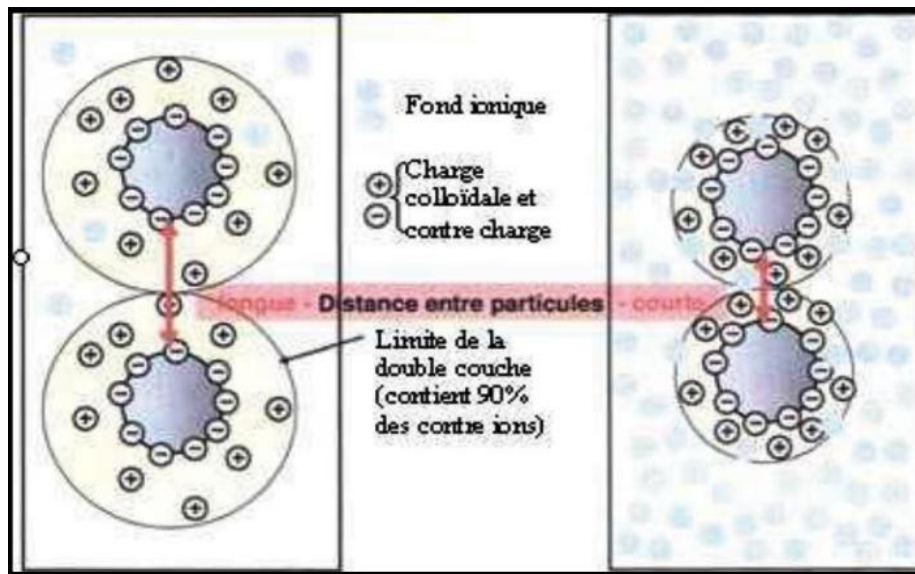


Figure II.1 : Représentation schématique de la compression de la couche diffuse.

II.2.1.2. Adsorption et neutralisation des charges :

Certaines espèces chimiques sont capables d'adsorber sur la surface des particules colloïdales. Si l'espèce adsorbée porte une charge opposée à celle des colloïdes, une telle adsorption provoque une réduction de la surface potentielle et une déstabilisation des particules colloïdales. La réduction de la charge de surface par adsorption à un mécanisme très différent de celui de la

Chapitre II Coagulation et floculation

réduction par compression de la double couche. La déstabilisation par adsorption diffère de la déstabilisation par compression de la double couche en trois points principaux. Premièrement, les espèces adsorbables sont capables de déstabiliser les colloïdes à un dosage beaucoup plus faible que les espèces non adsorbables. Deuxièmement, la déstabilisation par adsorption est stœchiométrique. La quantité de l'électrolyte nécessaire pour la coagulation par compression de double couche n'est pas stœchiométrique et elle est pratiquement indépendante de la concentration du colloïde. Troisièmement, il est possible qu'une surdose d'une espèce adsorbable cause une restabilisation par inversement de charge des particules colloïdales. Le fait que les ions peuvent être adsorbés au-delà du point de neutralisation de charge jusqu'à un inversement de charge peut être expliqué par une prédominance des interactions chimiques sur les effets de répulsion électrostatique dans certains cas (Benefield, Judkins et Weand, 1982). [25]

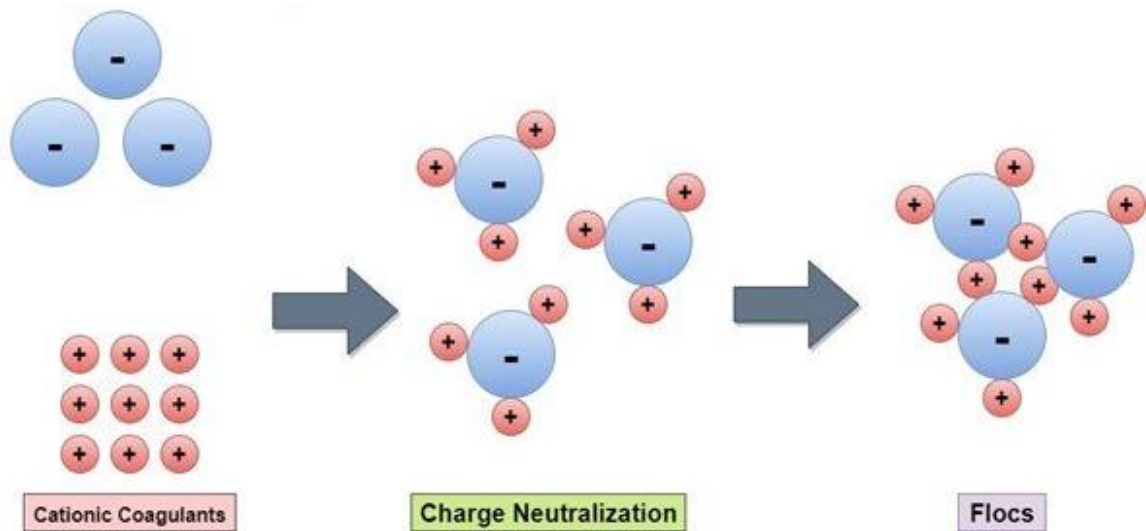


Figure II.2 : Représentation schématique de neutralisation des charges.

II.2.1.3. Emprisonnement des particules dans un précipité :

Pour la déstabilisation des particules colloïdales, on peut en outre les emprisonner, lorsqu'on ajoute en quantité suffisante des coagulants, habituellement des sels de métaux trivalents, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ou FeCl_3 , on obtient un précipité appelé floc. Lorsque le pH de l'eau est situé dans une plage acide ou neutre, le floc, constitué de molécules de $\text{Al}(\text{OH})_3$ ou de $\text{Fe}(\text{OH})_3$, possède habituellement une charge positive. La présence de certains anions et de particules colloïdales accélère la formation du précipité. Les particules colloïdales jouent le rôle de noyaux lors de la formation du floc ; ce phénomène peut entraîner une relation inverse entre la turbidité

Chapitre II Coagulation et floculation

et la quantité de coagulant requise. En d'autres mots, une concentration importante de particules en suspension peut entraîner une diminution de la quantité de coagulant nécessaire. [24]

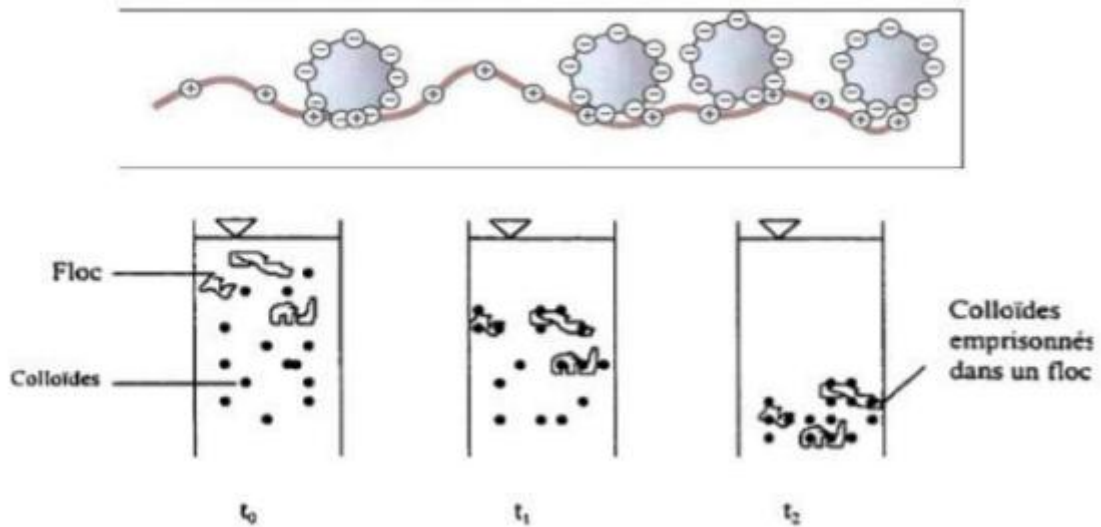


Figure II. 3 : Emprisonnement des particules dans les flocs pendant la décantation.

II.2.1.4. Adsorption et pontage :

Plusieurs composés naturels comme l'amidon, la cellulose, les polysaccharides et les protéines, ainsi qu'une large variété de polymères synthétiques sont connus pour leurs propriétés coagulantes. Ces produits sont caractérisés par leur grande masse moléculaire et, de plus, ont de multiples charges électriques tout au long de leurs chaînes d'atomes. [24]

La recherche a montré que les polymères, qu'ils soient cationiques ou anioniques, sont tous les deux capables de déstabiliser les particules colloïdales chargées négativement. Cependant, ni le modèle de la compression de la double couche ni le modèle de la neutralisation de charge ne peuvent être utilisés pour expliquer ces résultats. Ruehrwein et Ward (1952), et LaMer et Healy (1963) ont développé une théorie des ponts chimiques qui est valable pour expliquer le comportement observé de ces composés polymériques. [24]

Les molécules des polymères, très longues, contiennent des groupes chimiques qui peuvent adsorber des particules colloïdales à une de ses extrémités, alors que d'autres sites sont libres pour adsorber d'autres particules. Dans ce cas, le phénomène est décrit par la formation des ponts entre les particules colloïdales par l'intermédiaire des molécules des polymères. Il peut y avoir restabilisation de la suspension ; dans ces conditions, les sites libres de plusieurs molécules de polymères s'accrochent à une même particule colloïdale. D'après Benefield,

Chapitre II Coagulation et floculation

Judkins et Weand (1982), la fixation des polymères sur la particule peut résulter d'une attraction coulombienne, des liaisons d'hydrogène, des forces de van der Waals ou d'échanges d'ions. [24]

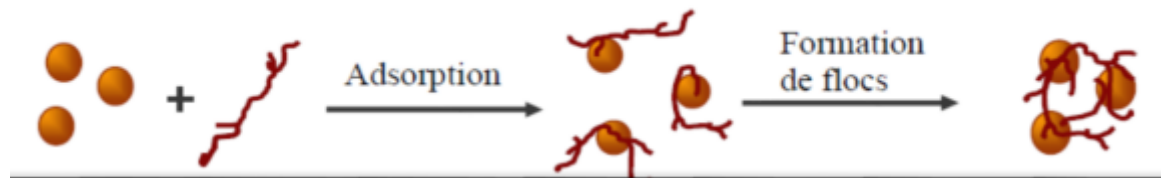


Figure II.4 : Adsorption et pontage à l'aide de polymères

II.2.2. Les facteurs influençant la coagulation :

Afin d'optimiser la coagulation, il faut tenir compte de plusieurs paramètres comme le pH, les sels dissous, la température de l'eau, le coagulant utilisé, la turbidité et la couleur. [23]

II.2.2.1. Influence du pH :

C'est la variable la plus importante à prendre en considération au moment de la coagulation. Il est d'ailleurs important de remarquer que l'ajout d'un coagulant modifie souvent le pH de l'eau. Cette variation est à prendre en compte afin de ne pas sortir de la plage optimale de précipitation du coagulant. L'intervalle du pH optimal est celui à l'intérieur duquel la coagulation a lieu suffisamment rapidement. Pour les sels de fer et d'aluminium, les plages de pH optimales s'étendent respectivement de 4 à 6 et de 5 à 7. [23]

II.2.2.2. Influence de la turbidité :

La turbidité est un paramètre influant sur le bon fonctionnement du procédé de coagulation (Hernandez de León, 2006). Elle est principalement due à la présence de particules de diamètre de 0,2 à 5 micromètres. L'augmentation de la quantité de coagulant ne varie toutefois pas de façon linéaire en fonction de la turbidité. Lorsque la turbidité est très élevée, la quantité de coagulant nécessaire est relativement faible, car la probabilité de collision entre les particules est très élevée. Par contre, lorsque la turbidité est faible, la coagulation est difficile. [23]

II.2.2.3. Influence de la Température de l'eau :

La température joue un rôle important. En effet, une température basse, entraînant une augmentation de la viscosité de l'eau, crée une série de difficultés dans le déroulement du processus : la coagulation et la décantation du floc sont ralenties et la plage du pH optimal diminue. Pour éviter ces difficultés, une solution consiste à changer de coagulant en fonction des saisons. [23]

Chapitre II Coagulation et floculation

II.2.2.4. Influence du coagulant :

Le choix du coagulant influence les caractéristiques de la coagulation, autrement dit, les finalités de traitement, même si l'alun est le coagulant le plus utilisé. Il peut être avantageux de le remplacer par un autre coagulant ou de mettre de l'adjuvant selon les caractéristiques de l'eau à traiter. On ne peut choisir un coagulant et en déterminer la concentration optimale qu'après essai au laboratoire vu la complexité du phénomène. [23]

II.2.2.5. Influence de l'agitation :

Selon Ezziane (2007), le processus de coagulation floculation se déroule généralement en deux étapes :

- ✓ Une étape de mise en contact entre l'eau à traiter et le coagulant. Cette étape se déroule généralement sous forte agitation (2 minutes au maximum) ; son but est également de permettre la neutralisation de la charge des particules et d'amorcer le processus de floculation par la formation de micro-flocs. La turbidité résiduelle dépend du temps de mélange rapide et pour chaque combinaison de gradient de vitesse et dose du coagulant injecté ; il existe un temps de mélange rapide associé au minimum de turbidité.
- ✓ La deuxième étape c'est l'agitation lente (30 à 60 minutes) et elle a pour but de provoquer les contacts entre les particules pour former des floccs décantables.

II.2.2.6. Influence de la minéralisation :

En règle générale, la minéralisation de l'eau exerce des influences sur la coagulation et la floculation :

- ❖ Modification de la plage de pH optimale
- ❖ Modification du temps requis pour la floculation
- ❖ Modification de la quantité de coagulant requis

II.2.2.7. Influence de la couleur :

En général, la couleur d'une eau est due à la décomposition de matières organiques contenues dans l'humus des sols. Elle dépend donc d'une grande variété de composés organiques, dont les substances humiques, lesquelles sont des polymères dont la masse moléculaire varie de 800 à 50000. Des études ont révélé que 90% des particules responsables de la couleur avaient un diamètre supérieur à 3.5 nm ; ces particules sont donc des particules colloïdales beaucoup plus petites que les particules de glaise responsable de la turbidité. La plupart des particules

Chapitre II Coagulation et floculation

responsables de la couleur possèdent des charges négatives à leur surface, dont l'intensité dépend du degré d'ionisation et du pH de l'eau. On peut dire que les particules responsables de la couleur sont de natures organiques, hydrophiles, petites et chargées négativement. [23]

II .3. Processus de floculation :

II.3.1. Principe :

La floculation est l'agrégation des particules déjà déstabilisées, par collision les unes contre les autres ce qui conduit à la croissance en taille du floc et à la diminution en nombre des particules en solution (Chen et al., 2007). Les processus préalables à la floculation sont :

- La coagulation ;
- Les oxydations chimiques ou biologiques qui détruisent les colloïdes protégés ;
- Le changement des conditions générales telles que le pH et la température ;
- L'utilisation de réactifs auxiliaires.

Comme pour la coagulation, il existe un certain nombre de paramètres à prendre en compte pour le bon fonctionnement de ce procédé. Le mélange doit être suffisamment lent afin d'assurer le contact entre les floccs engendrés par la coagulation. En effet, si l'intensité du mélange dépasse une certaine limite, les floccs risquent de se briser. Il faut également un temps de séjour minimal pour que la floculation ait lieu. La durée du mélange se situe entre 10 et 60 minutes. [24]

II.3.2. Types de floculation :

II.3.2.1. Floculation physique :

Elle consiste à augmenter par la création d'une différence de vitesse entre les particules colloïdales déstabilisées, la probabilité des contacts entre ces particules afin de les agglomérer en floccs denses ensuite de les décanter. Deux mécanismes assurent la mobilité des particules : le mouvement brownien et le brassage mécanique.

II.3.2.2. Floculation chimique :

C'est la floculation qui est provoquée par l'agitation de l'eau. Cette agitation facilite l'agrégation des particules par augmentation de la probabilité de collisions entre ces particules. Elle consiste en une agglomération par pontage des particules colloïdales déchargées à l'aide de certains produits chimiques appelés flocculants.

II.3.2.3. Floculation Orthocinétique :

Chapitre II Coagulation et floculation

Ce type de floculation est fonction de l'énergie dissipée dans le fluide. Elle est donc causée par le brassage de l'eau qui permet d'augmenter les chances de contacts entre les particules. La vitesse du fluide varie dans l'espace et dans le temps et est caractérisée par les particules. Par l'agitation mécanique, c'est la méthode la plus efficace, mais trop d'agitation peut briser les agrégats au lieu de les créer. La coagulation n'est pas utilisée dans le procédé Bayer, mais elle est très importante dans plusieurs autres domaines, notamment dans le traitement des eaux. [25]

II.3.2.4. Floculation péricinétique :

Par le mouvement brownien ; le mouvement aléatoire des particules cause occasionnellement des collisions. Ce mécanisme est plus efficace que la sédimentation différentielle mais il demeure lent et produit de petits agglomérats. [25]

II.4. Décantation :

II.4.1. Définition :

La décantation est la méthode la plus fréquente de séparation de MES et des colloïdes, mais ces derniers devront être préalablement rassemblés sous forme de floccs après les étapes de coagulation-floculation qui permettra d'obtenir l'eau clarifiée d'un côté et les boues (particules colloïdales initiales+ floccs) de l'autre, on utilise en général l'action de la pesanteur sur les particules en suspension et l'on recueille ensuite l'eau claire à la partie supérieure de l'appareil alors qu'on soutire les boues sédimentées dans la partie inférieure

II.4.2. Les types de décantation :

Selon la concentration en solides et la nature des particules (densité et forme), on distingue quatre types de décantation.

II.4.2.1. Décantation des particules discrètes :

Ce type de décantation (dite discrète ou individuelle) est caractérisé par le fait que les particules conservent leurs propriétés physiques initiales (forme, dimension et densité) au cours de leur chute, la vitesse de chute est indépendante de la concentration en solides ; c'est pourquoi les lois de Newton et de Stokes s'appliquent ici. On retrouve ce type de décantation dans les dessaleurs.

II.4.2.2. Décantation des particules floculantes :

Chapitre II Coagulation et floculation

Ce type de décantation est caractérisé par l'agglomération des particules au cours de leur chute, les propriétés physiques de ces particules (Forme, dimension, densité et vitesse de chute) sont donc modifiées pendant le processus. On retrouve ce type de décantation dans les décanteurs des usines de traitement des eaux et dans les décanteurs secondaires des usines d'épurations.

II.4.2.3. Décantation freinée :

Ce type de décantation est caractérisé par une concentration élevée de particules, ce qui entraîne la formation d'une couche de particules et par conséquent, l'apparition d'une démarcation nette entre les solides décantés et le liquide surnageant. On retrouve ce type de décantation dans la partie profonde des décanteurs.

II.4.2.4. Décantation en compression de boue :

Dans ce type de décantation, les particules entrent en contact les unes avec les autres et reposent sur les couches inférieures. Dans cette zone, le phénomène de consolidation est relativement lent. On retrouve ce type de décantation dans les épaisseurs de boues par gravité

CHAPITRE III

Matériel et méthodes

b/ Présentation de la station de déshuilage du champ de Haoud Berkaoui :

- **Station de déshuilage du champ Haoud Berkaoui :**

La station de déshuilages du champ de Houad Berkaoui (Figure N°01) garantis la récupération des hydrocarbures et la production d'eau de réinjection. Dont les seuils des valeurs des caractéristiques doivent être en dessous de 5 mg/l pour la teneur en hydrocarbures, de 30 mg/l pour les matières en suspension (MES) et un pH variant entre 6.9 et 7.5 [26].

- **Échantillonnage :**

L'échantillon concerné par l'étude a été prélevé manuellement dans des bouteilles conçues pour les prélèvements, au niveau des séparateurs à la sortie des puits de la station HBK.

Le déplacement et le transport des échantillons depuis la station jusqu'à la division laboratoire de Boumerdes doivent obéir à des procédures strictes qui sont :

- ✓ Au moment du prélèvement, le jerrican est rincé avec de l'échantillon de brut (2 à 3 fois). Les bouteilles remplies sont fermées hermétiquement pour assurer une protection contre toute contamination probable.
- ✓ L'échantillon a été conservé à la température ambiante lors de son transport de HBK à la division laboratoire (D-LAB).

CHAPITRE III Matériels et méthodes

III.1. Appareillage :

Dans ce travail nous avons utilisé des appareils mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : Appareillage utilisé

Appareil	Utilisation
Balance électronique	Mesure de la masse des réactifs utilisés.
Jar-test	Détermination de la concentration optimale du coagulant pour le processus de coagulation floculation
Turbidimètre	Mesure la turbidité et permet de préciser les informations visuelles sur l'eau.

III.2. Matériel et produits :

Les produits utilisés pour nos essais sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau III. 2 : produits utilisés.

Produits utilisés	Formule chimique
1/ Chlorures d'aluminium	$AlCl_3$
2/ Polyélectrolite	$-COOH$, $-SO_3H$ et $-PO_3H_2$
3/ Hydroxyde de sodium	$NaOH$
4/ Bentonite (Produit commercial)	

III.3. Préparation des coagulants et des floculants :

III.3.1. Préparation du coagulant :

Pour préparer le coagulant, on a pesé 0.4g de $AlCl_3$ qu'on a introduit dans un bécher, on ajoute 400ml d'eau distillée et on met sous agitation pendant 10 min.

III.3.2. Préparation de l'aide coagulant : (Bentonite)

Dans un bécher, on mélange 1litre d'eau distillée avec 20g de bentonite à l'aide d'un agitateur.



Figure III.1: la bentonite

III.3.3. Préparation du flocculant :

On pèse 0.4g de polyélectrolite, on l'introduit dans un bécher, on lui ajoute 400ml d'eau distillée et on met sous agitation pendant 10 min.

III.4. Dispositifs expérimentaux :

III.4.1. Jar test :

Les jar-tests sont une simulation à petite échelle de ce qui se passe en station de traitement lors de la coagulation/floculation. Ces tests permettent d'évaluer différents paramètres de ce processus comme : le dosage de produits chimiques ajoutés, Les temps nécessaires pour la floculation et la coagulation et les vitesses d'agitation du milieu. Ainsi, il est possible de déterminer leurs valeurs optimales pour l'amélioration des performances de la station. Un banc de jar-test est composé de 6 béchers d'un litre chacun, tous muni d'un axe au bout duquel se trouve une pale rotative. Les axes sont reliés à un même moteur, ce qui permet de maintenir la même vitesse dans chaque bécher, comme illustré dans la figure ci-dessous :



Figure III.2: Le jar test

Le test passe par 3 phases distinctes :

- Il y a d'abord la phase de coagulation, qui nécessite une vitesse relativement rapide (~150 tour/min). Elle requiert l'ajout d'un coagulant (chlorures d'aluminium sous forme aqueuse) d'une certaine concentration. Quand le contact entre le coagulant et l'eau est efficace, la solution d'eau et de particules en suspension est déstabilisée ; les charges de répulsion sont annulées et les particules peuvent alors s'attirer.
- Ensuite vient la phase de floculation, qui nécessite une vitesse plus lente (~40 tour/min), pour permettre un contact suffisant, mais sans casser les floccs en formation. Elle requiert l'ajout d'un agent floculant (polyélectrolite) d'une certaine concentration, souvent basse. Les particules en suspension, préalablement déstabilisées, sont alors adsorbées sur le polymère, et forment des floccs d'une densité assez élevée pour décanter.
- Pendant la phase de décantation, la vitesse d'agitation est nulle, pour permettre la sédimentation des matières en suspension flocculées. Une fois la phase de décantation effectuée, le surnageant, débarrassé d'une grande partie des MES (Matières en Suspension) qui sont maintenant dans le fond du bécher, est prélevé et analysée. La concentration des MES est mesurée ainsi que la turbidité et le pH.

CHAPITRE III Matériels et méthodes

III.4.2. Mesure du pH :

Le pH (potentiel hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 (7 étant le pH de neutralité). Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

III.4.3. Mesure de Turbidité :

Un liquide trouble s'éclaire vivement lorsqu'il est traversé par un faisceau lumineux, C'est le phénomène dit de Tyndall due aux particules insolubles en suspension diffusant latéralement une partie des rayons lumineux.

• Mode opératoire (NTU) :

- Rincer la cellule avec l'eau distillée ;
- Remplir cette cellule avec l'eau à analyser ;
- Essuyer la cellule à l'aide d'un papier propre pour éliminer toutes les traces ;
- Placer la cellule dans le turbidimètre ;
- Lire la 1^{ère} valeur affichée par le turbidimètre.

Tableau III.4 : classe de turbidités usuelles [4]

Turbidité <5 NTU	Eau claire
5 < Turbidité <30 NTU	Eau légèrement trouble
Turbidité >50 NTU	Eau trouble



Figure III. 3 : Turbidimètre (2100N).

III.4.4. Détermination des matières en suspension (MES) :

On évalue le poids sec du résidu, obtenu par filtration de l'échantillon d'eau après passage à l'étuve à 105°C.

Mode opératoire :

- On prend le filtre, on le pèse et on marque le poids comme M_0 en mg.
- Ensuite on place le disque dans l'appareil de filtration et on roule le système d'aspiration.
- On verse progressivement le volume d'eau (400 ml) à analyser sur le disque filtrant.
- On met le disque dans l'étuve pendant 1 h à 105°C.
- On laisse le filtrant refroidir au dessiccateur.
- Après, on pèse le filtre et on marque le poids comme M_1 [50]

La concentration en matière solide en suspension peut être calculée à partir de la relation suivante :

$$\text{MES} = [m_2 - m_1] / v \times 1000 \text{ (mg/l)}$$

Avec :

- MES : matière en suspension.
- m_2 : masse du filtre après filtration.
- m_1 : masse du filtre avant filtration.
- v : volume de l'échantillon filtré.



Figure III.4 : Filtre millipores



Figure III.5 : Dispositif de filtration sous vide

CHAPITRE IV

Résultats et discussion

CHAPITRE IV Résultats et discussion

IV.1. Introduction :

Pour déterminer les paramètres opératoires de coagulation, nous avons utilisé deux différents échantillons d'eau provenant de la station de HBK, pour lesquels, nous avons réalisé des essais de jar-test afin de suivre la variation de la turbidité, des matières en suspension et mesure du pH.

IV.2. Détermination de la dose optimale du coagulant :

Pour déterminer la dose optimale du coagulant, nous avons réalisé l'essai de Jar Test sur une eau saumâtre turbide avec des doses croissantes de chlorure d'aluminium.

Les résultats obtenus par les essais de Jar Test ainsi que les caractéristiques physico-chimiques de l'eau à traiter en laboratoire sont regroupés dans les tableau (IV.1). La quantité du flocculant est fixée à 10ml

Tableau IV. 1 : Effet de la dose du coagulant $AlCl_3$ sur la variation des paramètres de traitement

N° du bécher	le blanc	1	2	3	4	5
dose de coagulant (ml)	0	5	10	20	25	30
pH	4,94	5,25	5,04	4,98	4,99	5
MES (mg/l)	197,25	68	61,25	65	62	43

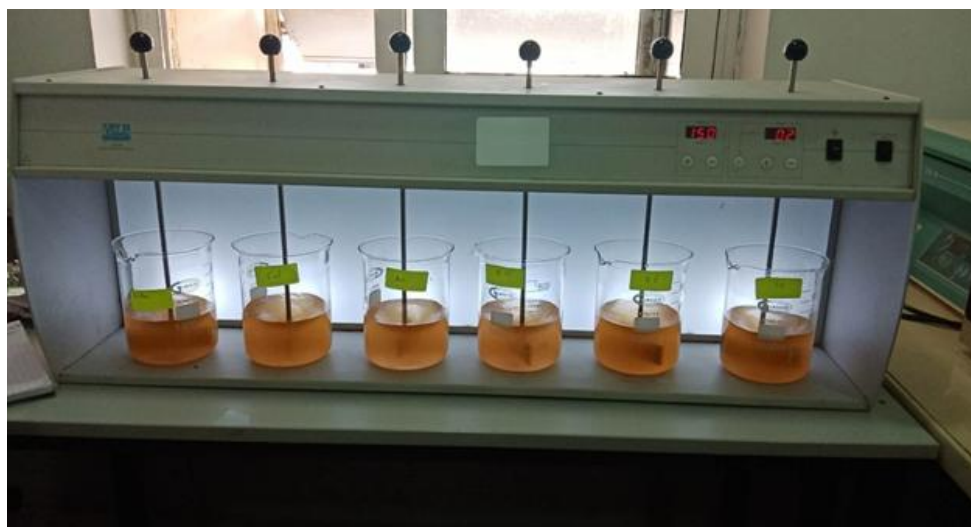


Figure IV. 1 : 1^{er} Essai de jar-test

IV.2.1. Effet de la dose du coagulant sur le pH :

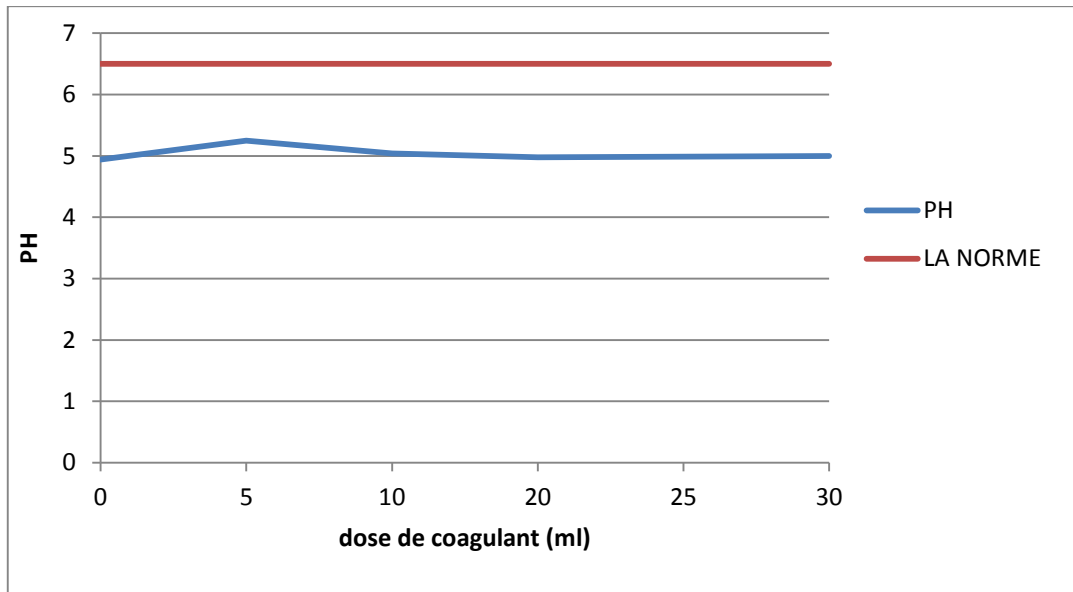
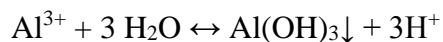


Figure IV.2 : Effet de la dose du coagulant sur le pH.

On constate clairement l'effet du coagulant sur la valeur de pH, En effet à une dose de 5ml du coagulant, la valeur du pH a augmenté de 4.94 à 5.25 et attient les 5.04 à 10 ml de coagulant.

On assiste également à une augmentation de la valeur du pH à des doses supérieures du coagulant (>20ml) mais elle reste toujours inférieure à la norme.

D'après la bibliographie (Rahni et Legube, 1996), cela est dû à ce que les particules du coagulant déstabilisent les colloïdes négativement chargés présents dans l'eau à traiter, en neutralisant les charges qui génèrent les forces de répulsion entre colloïdes. Selon la réaction suivante :



IV.2.2. Effet de la dose du coagulant sur les MES :



Figure IV.3 : les filtres du 1^{er} test après séchage

CHAPITRE IV Résultats et discussion

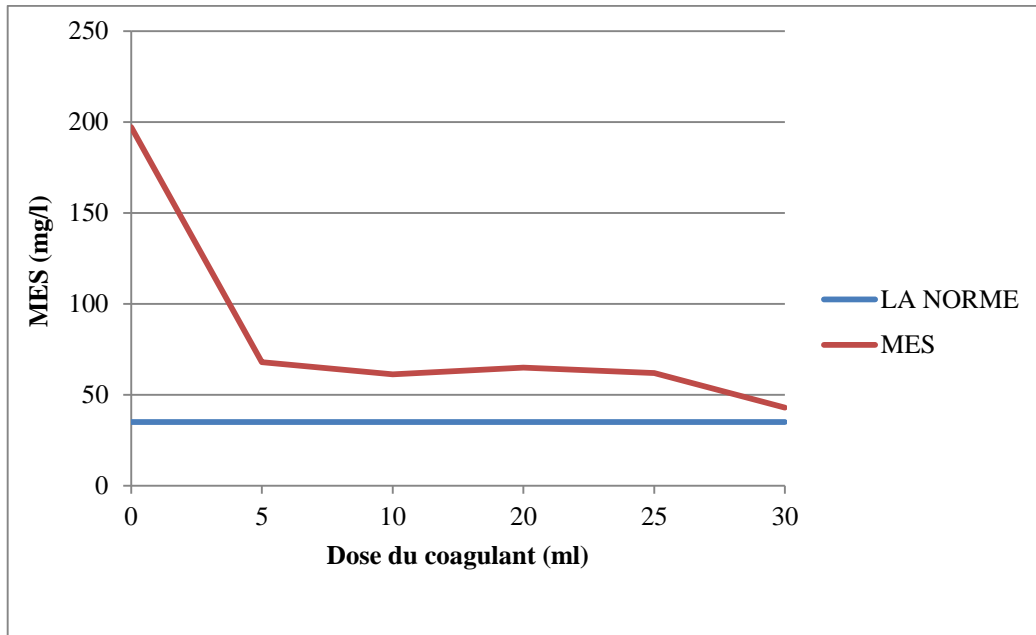


Figure IV.4 : Effet de la dose du coagulant sur les MES.

On remarque bien que l'addition de 5 mg/l du coagulant provoque une diminution de la valeur des MES de 179.25 à 68 mg/l.

D'après la bibliographie précédente, cela est dû à ce que les particules du coagulant déstabilisent les colloïdes négativement chargés présents dans l'eau à traiter, en neutralisant les charges qui génèrent les forces de répulsion entre colloïdes.

Au-delà de 5 ml, on remarque une diminution de la valeur de MES et qui diminue avec l'accroissement de la dose du coagulant mais elle reste toujours supérieure à la norme.

Alors on confirme que la dose optimale du coagulant est de 5 ml.

IV.2.3. Effet de la dose du coagulant sur l'efficacité :

L'efficacité est donnée par la formule suivante :

$$\text{Efficacité \%} = (\text{Turbidité initiale} - \text{Turbidité finale}) \times 100 / \text{Turbidité initiale}$$

Turbidité initiale : Turbidité avant traitement

Turbidité finale : Turbidité après traitement

Tableau IV.2 : Effet de la dose du coagulant sur la turbidité et l'efficacité

Le blanc	Turbidité (NTU)	Efficacité (%)	Dose de coagulant (ml)
341	49.6	85.45	5
	50.4	85.21	10
	51.4	84.92	20
	94.2	72.37	25
	81.5	76.09	30

CHAPITRE IV Résultats et discussion

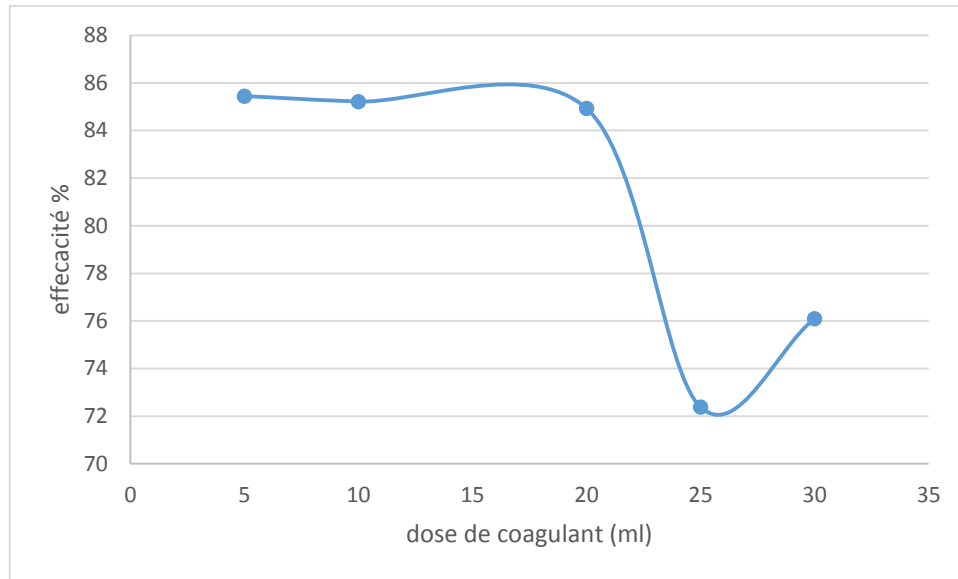


Figure IV.5 : .Effet de la dose du coagulant sur l'efficacité.

On remarque bien que l'addition de 5 mg/l du coagulant a provoqué la diminution de la valeur de la turbidité de 341 à 49.6 NTU son efficacité est de 85.45%.

Cette diminution de l'efficacité se poursuit avec l'augmentation de la dose de coagulant.

Remarque :

L'eau n'est pas claire d'après le résultat du 1er essai de (jar test) à cause de l'acidité de l'eau (l'eau est très acide) et nous utilisons un coagulant à base d'aluminium qui a une gamme de pH qui varie entre [5.8 et 7].

Pour le 2^{ème} essai de jar-test, nous avons obtenu les résultats suivants :

IV.3 : Effet de NaOH sur les paramètres de traitement :

Les conditions de travail sont :

- Coagulant (AlCl_3) fixé : 5ml
- Flocculant fixé : 10ml

Tableau IV.3 : Effet de la dose de NaOH sur la variation des paramètres de traitement

N° du bécher	Le blanc	1	2	3	4	5
NaOH (ml)	0 ml	2 ml	3 ml	4 ml	5 ml	6 ml
PH	4.94	5.06	5.56	5.70	5.74	5.82
MES (mg/l)	197.25	71.5	61.75	60.5	64	71.25

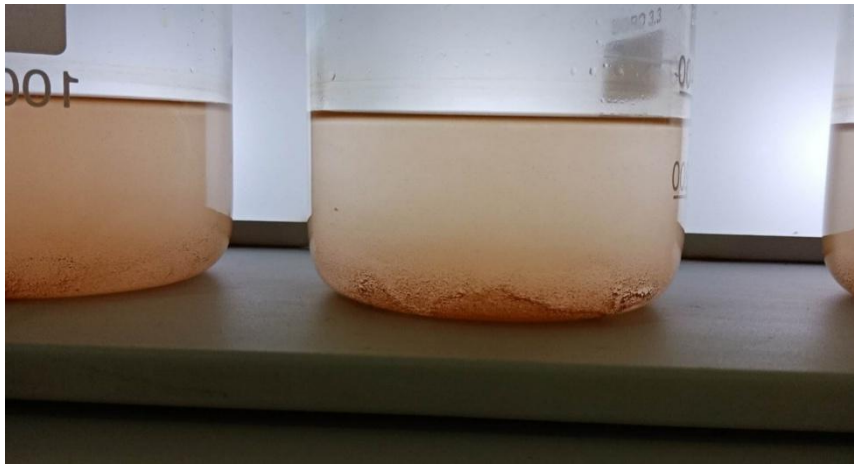
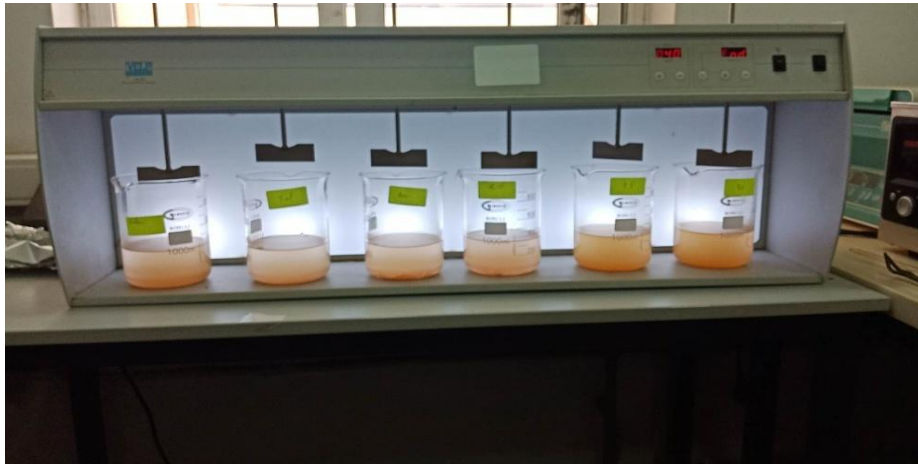


Figure IV.6 : 2ème Essai de jar-test

IV.3.1. Effet de la dose du NaOH sur le pH :

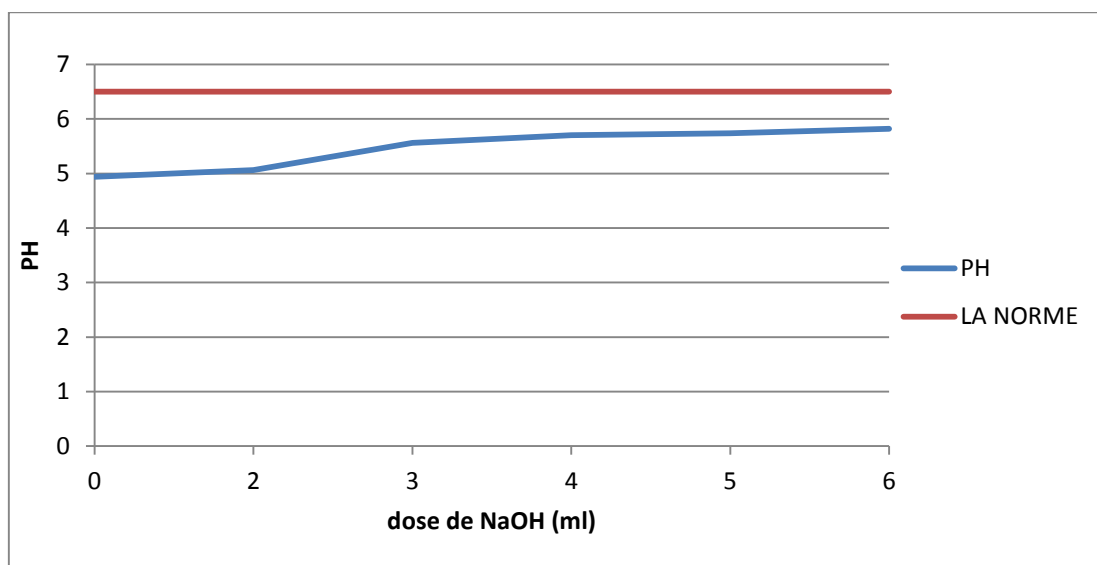


Figure IV.7 : Effet de la dose de NaOH sur le pH.

CHAPITRE IV Résultats et discussion

Nous remarquons une augmentation de la valeur de pH de 4.94 à 5.82 et qui croit avec l'accroissement de la dose du coagulant cette valeur elle reste toujours inférieure à la norme. Les ions OH^- issus de la dissolution de NaOH dans l'eau participe à l'augmentation du pH.

IV.3.2. Effet de la dose de NaOH sur les MES :

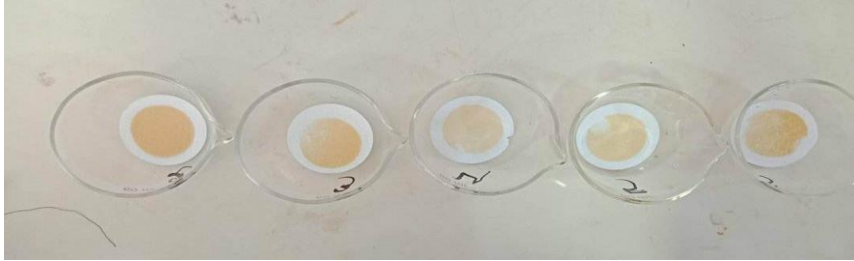


Figure IV.8 : les filtres du 2ème essai après le séchage

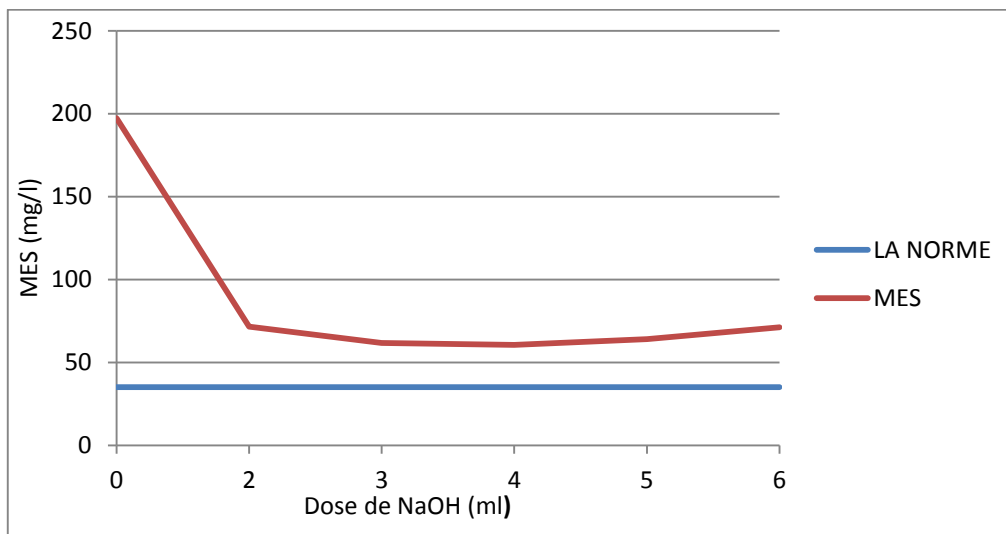


Figure IV.9 : Effet de la dose de NaOH sur les MES.

On constate clairement l'effet de NaOH sur la concentration des matières solides en suspension, en effet à une dose de 2ml de coagulant, la concentration en matières solides en suspension diminue de 197.25 mg/l à 71.5 mg/l et atteint les (60.5 mg/l) à 4 ml de coagulant.

On assiste également à une légère augmentation des concentrations en matière en suspension à des doses supérieures de NaOH (>4ml) mais elle reste supérieure à la norme

IV.3.3. Effet de la dose NaOH sur l'efficacité :

Tableau IV.4 : Variation de la turbidité et l'efficacité

Le blanc	Turbidité	Dose de NaOH (ml)	Efficacité
341	51.9	2	84.78
	58.2	3	82.93
	16.1	4	95.27
	9.21	5	97.29
	14.2	6	95.83

CHAPITRE IV Résultats et discussion

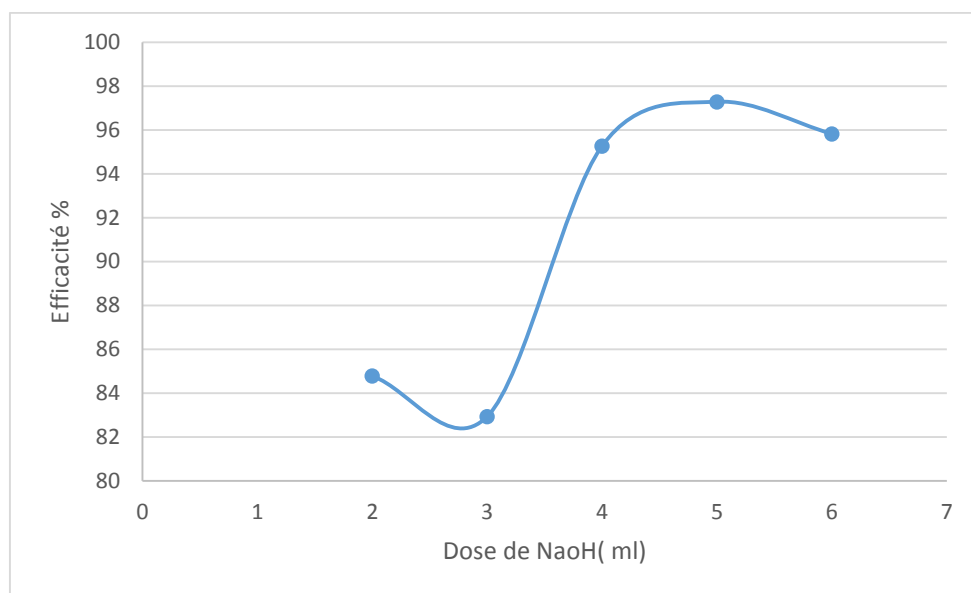


Figure IV.10 : .Effet de la dose de NaOH sur l'efficacité.

On constate qu'à une dose de 2ml du coagulant, la turbidité diminue de 341 (NTU) à 51.9 (NTU) son efficacité est de 84.78%

Cette réduction se poursuit avec des doses plus élevées de NaOH (>3 ml) pour atteindre une efficacité de 97,30 % à une valeur de 5 ml de NaOH.

IV.4. Essais de coagulation-floculation avec le 2^{ème} échantillon :

IV.4.1. Effet du coagulant (AlCl₃) :

Floculant fixé : 10ml

Tableau IV.5 : effet de la dose de coagulant AlCl₃ sur la variation des paramètres de traitement

N° du bécher	Le blanc	1	2	3	4
Dose de coagulant (ml)	0	10	20	30	40
PH	2.85	5.29	5.54	5.67	5.84
MES (mg/l)	131.5	123.75	122.75	110.5	103.5

IV.4.1.1. Effet de la dose du coagulant sur le pH :

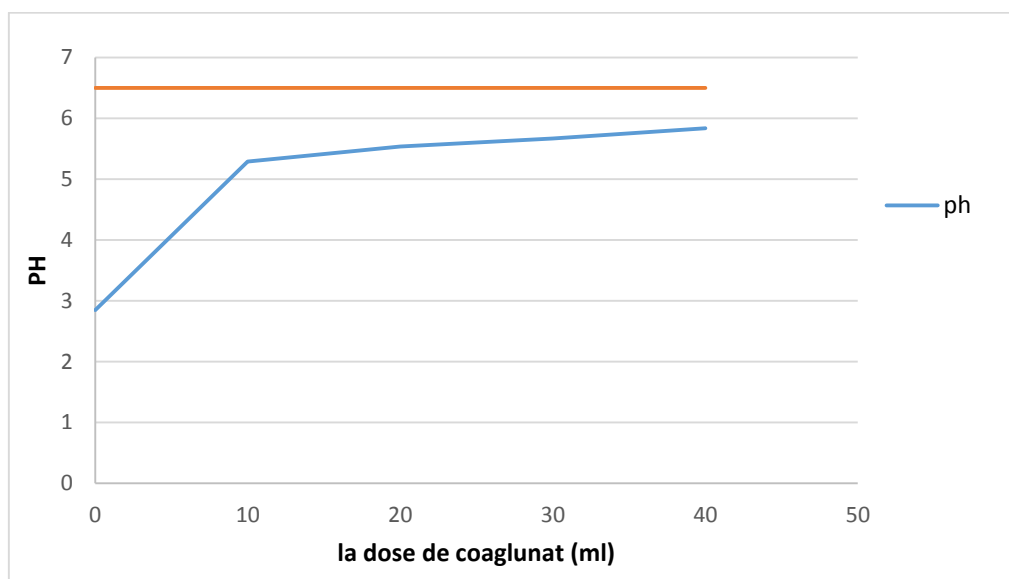


Figure IV.11 : Effet de la dose du coagulant sur le pH.

D'après les résultats d'analyses, on constate clairement une augmentation de pH de 2.85 à 5.84 à chaque fois qu'on ajoute une dose de coagulant mais elle reste toujours inférieure à la norme.

IV.4.1.2. Effet de la dose du coagulant sur les MES :

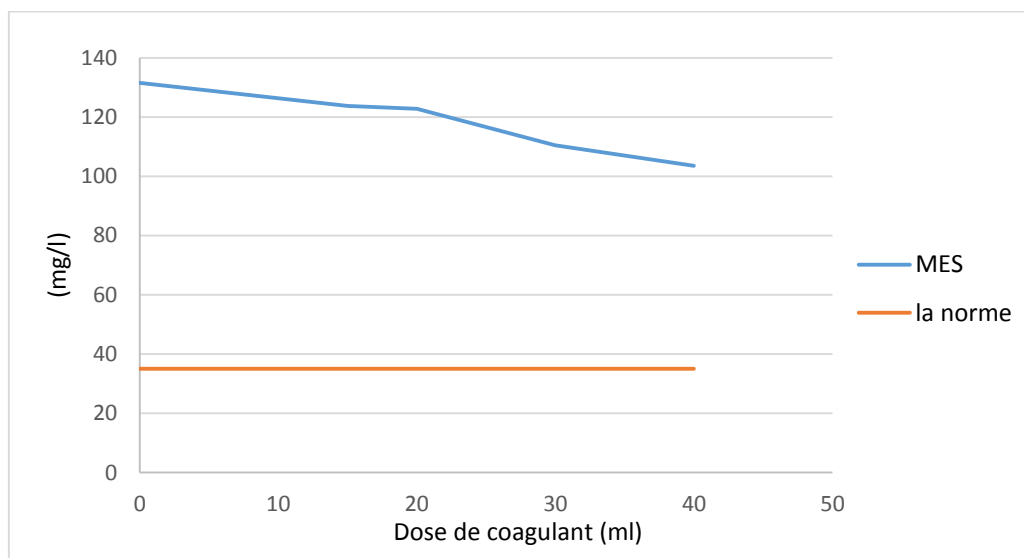


Figure IV.12 : Effet de la dose du coagulant sur les MES.

La valeur des MES est inversement proportionnelle à l'ajout de la dose de coagulant on remarque une diminution de la valeur de MES de 131.5 à 103.5 mg/l mais elle reste toujours supérieure à la norme.

CHAPITRE IV Résultats et discussion

IV.4.1.3. Effet de la dose du coagulant sur l'efficacité :

Tableau IV.6 : Variation de la turbidité et de l'efficacité

Le blanc	Turbidité	Dose de coagulant (ml)	Efficacité
814	781	10	4.05%
	760	20	6.63%
	700	30	14%
	692	40	15%

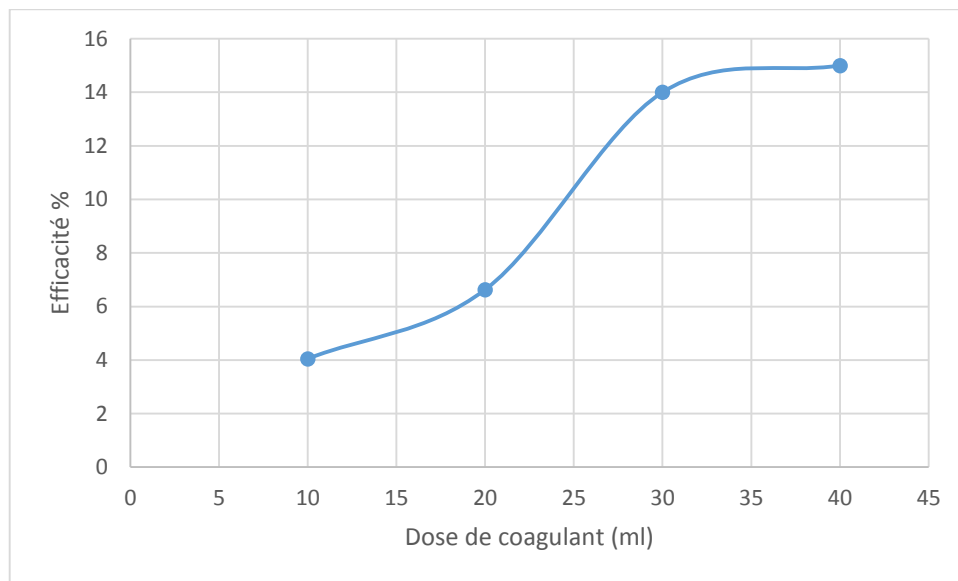


Figure IV.13 : Effet de la dose de coagulant sur l'efficacité.

À chaque fois on ajoute une dose de coagulant on remarque la diminution de la valeur de la turbidité de 814 à 692 NTU qui nous donne une mauvaise efficacité de 15%

IV.4.2 : Effet de NaOH sur les paramètres de traitement :

Les conditions de travail sont :

AlCl₃ : 40 ml

Floculant fixé : 10ml

Tableau IV.7 : Effet de la dose de NaOH sur la variation des paramètres de traitement

N° du bécher	Le blanc	1	2	3	4
Dose de NaOH (ml)	0	11	13	15	20
Ph	2.85	6.87	6.84	6.79	6.73
MES (mg/l)	131.5	79.5	74	69	62.25



Figure IV.14 : 2^{ème} Essai de jar-test

IV.4.2.1. Effet de la dose de NaOH sur le pH :

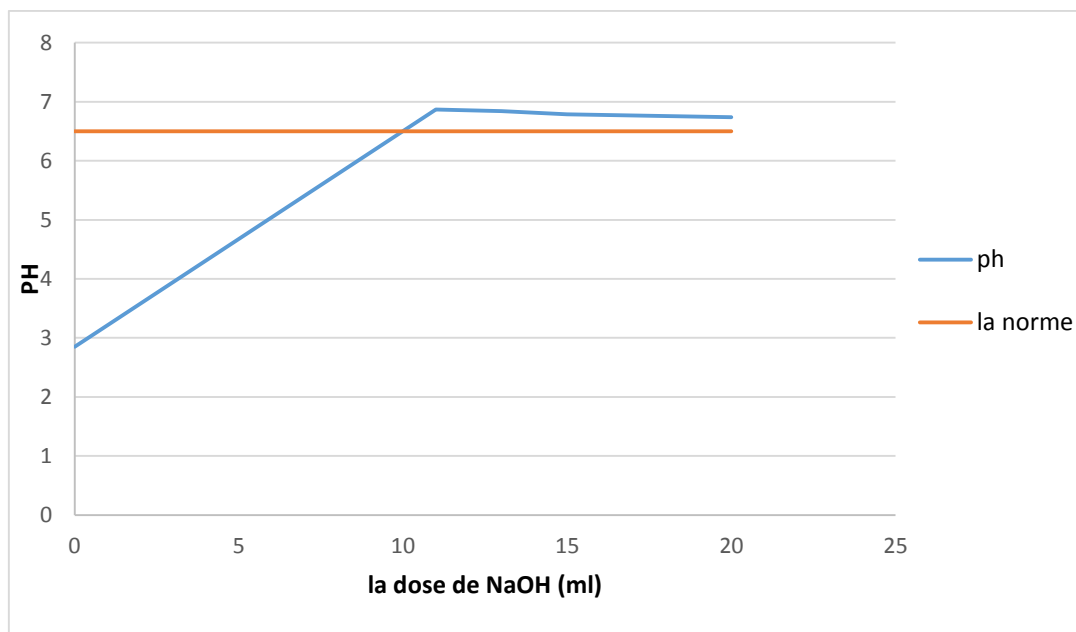


Figure IV.15 : Effet de la dose de NaOH sur le pH.

On constate clairement que le pH varie proportionnellement avec l'ajout du NaOH (de 2.85 à 6.87) pour des quantités fixes de coagulant et de flocculant.

On assiste également une légère diminution de valeur de pH à des doses supérieures de NaOH (>10ml)

CHAPITRE IV Résultats et discussion

IV.4.2.2. Effet de la dose du coagulant sur les MES :

Figure IV.16 : les filtres du 2^{ème} essai après le séchage

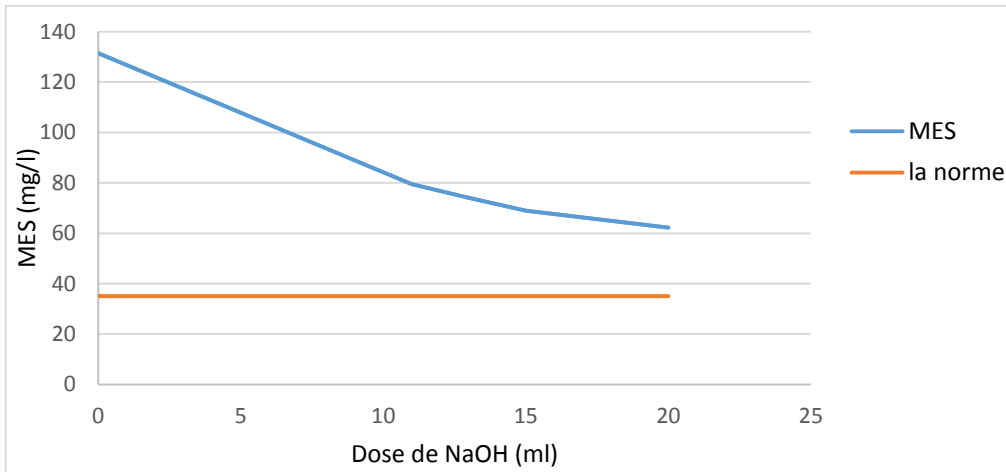
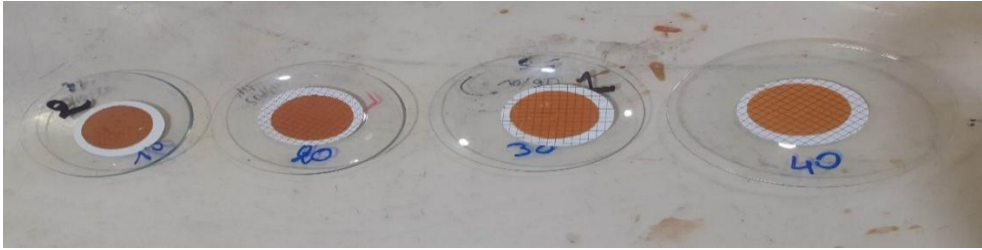


Figure IV.17 : Effet de la dose de NaOH sur les MES.

Les valeurs des MES sont inversement proportionnelles à l'ajout de la dose de coagulant on remarque la diminution de la valeur de MES de 131.5 à 62.25 mg/l mais elle reste toujours supérieure à la norme

IV.4.2.3. Effet de la dose du coagulant sur l'efficacité

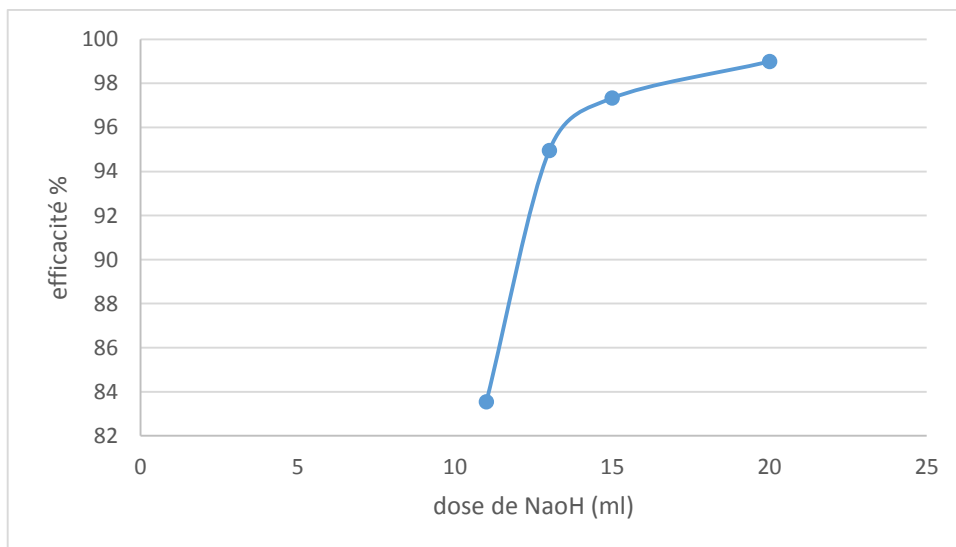


Figure IV.18 : .Effet de la dose de NaOH sur l'efficacité.

CHAPITRE IV Résultats et discussion

Tableau IV.8 : Variation de la turbidité et de l'efficacité

Le blanc	Turbidité	La dose de NaOH (ml)	Efficacité
814	134	11	83.54%
	14.1	13	94.95%
	21.7	15	97.33%
	8.22	20	98.99%

À chaque fois qu'on ajoute une dose de coagulant, on remarque la diminution de la turbidité de 814 à 8.22 NTU qui nous donne une bonne efficacité de 98.99%.

IV.4.3 : Effet de la dose d'adjuvant sur la variation des paramètres physico-chimiques

Floculant fixé : 10 ml

AlCl₃ fixé : 40ml

NaOH : 20ml

Tableau IV.9 : Effet de la dose de la bentonite sur la variation des paramètres de traitement

N° de béccher	Le blanc	1	2	3	4
Dose de bentonite (ml)	0 ml	15 ml	20 ml	25 ml	30 ml
PH	2.85	5.83	6.01	6.23	6.43
MES (mg/l)	131	32	12.75	15	21

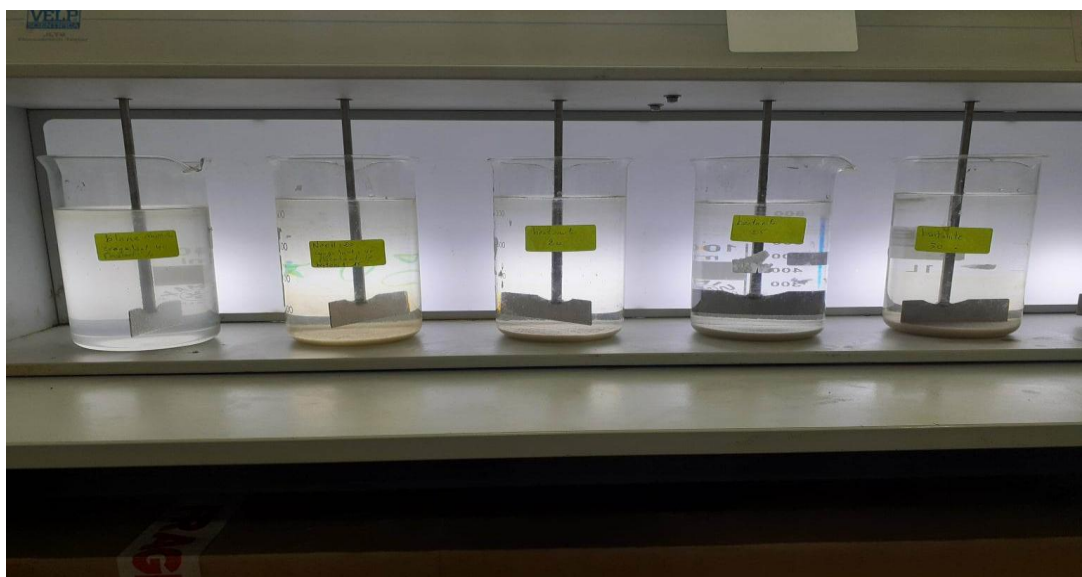


Figure IV.19 : 3^{ème} Essai de jar-test

CHAPITRE IV Résultats et discussion

IV.4.3.1. Effet de la bentonite sur le pH :

La figure (IV.24) donne la variation du pH en fonction de l'ajout de la bentonite.

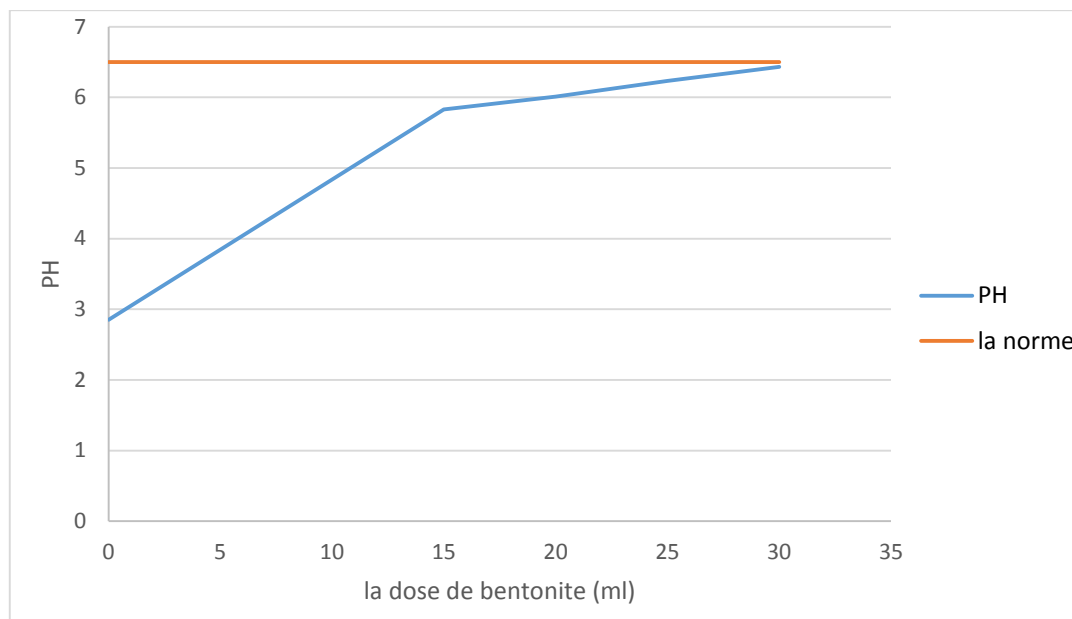


Figure IV.20 : Effet de la bentonite sur le pH.

D'après les résultats d'analyses, la valeur de pH est proportionnelle à l'ajout de la dose de la bentonite, on remarque une augmentation de pH de 2.85 à 6.43 qui est dans la norme donc, on peut dire que cette eau ne produit aucun risque (danger) au milieu récepteur.

IV.4.3.2. Effet de la bentonite sur les MES :

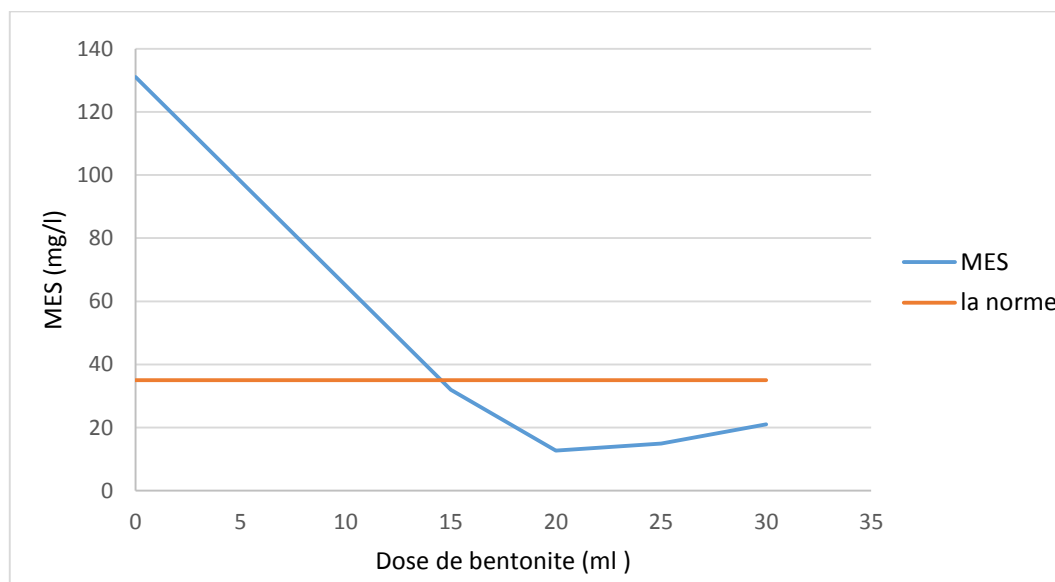


Figure IV.21 : Effet de la bentonite sur les MES.

On constate clairement l'effet de la bentonite sur la concentration des matières solides en suspension, En effet à une dose de 15 ml de la bentonite, la concentration en matières solides

CHAPITRE IV Résultats et discussion

en suspension diminue de 131.5 mg/l à 32 mg/l et atteint les (12.75 mg/l) à 20 ml de la bentonite.

On assiste également à une légère augmentation des concentrations en matière en suspension à des dose supérieures de NaOH (>20ml) mais elle reste compatible avec la norme et ne présente aucun danger pour le milieu récepteur

IV.4.3.3. Effet de la bentonite sur l'efficacité :

L'efficacité de la bentonite est donnée par la figure suivante :

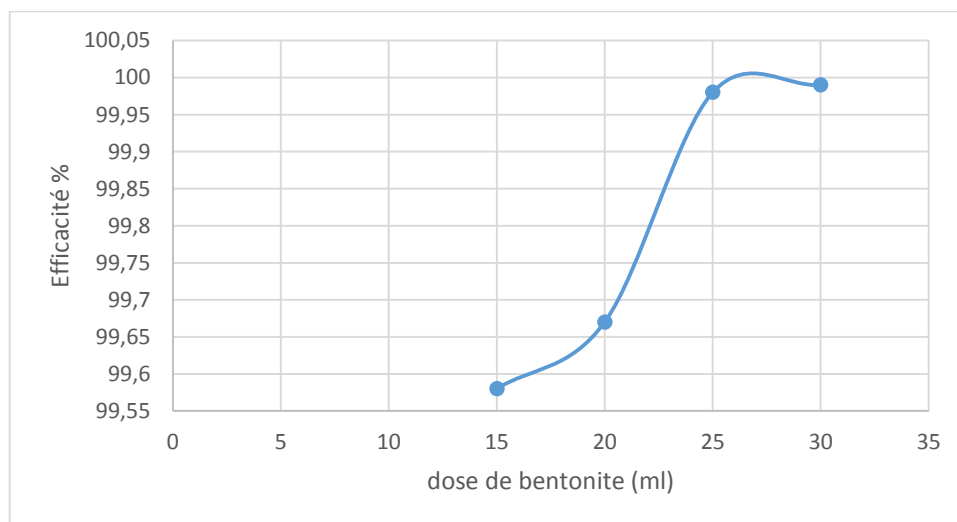


Figure IV.22 : .Effet de la bentonite sur l'efficacité.

Tableau IV.10 : Variation de la turbidité et de l'efficacité

Le blanc	Turbidité	Dose de la bentonite (ml)	Efficacité
814	3.38	15	99.58
	2.68	20	99.67
	0.17	25	99.98
	0.10	30	99.99

L'efficacité augmente jusqu'à atteindre 99.99% pour 30 ml de bentonite.

.IV.4.4. Comparaison de l'efficacité du traitement en présence et en l'absence de l'adjuvant :

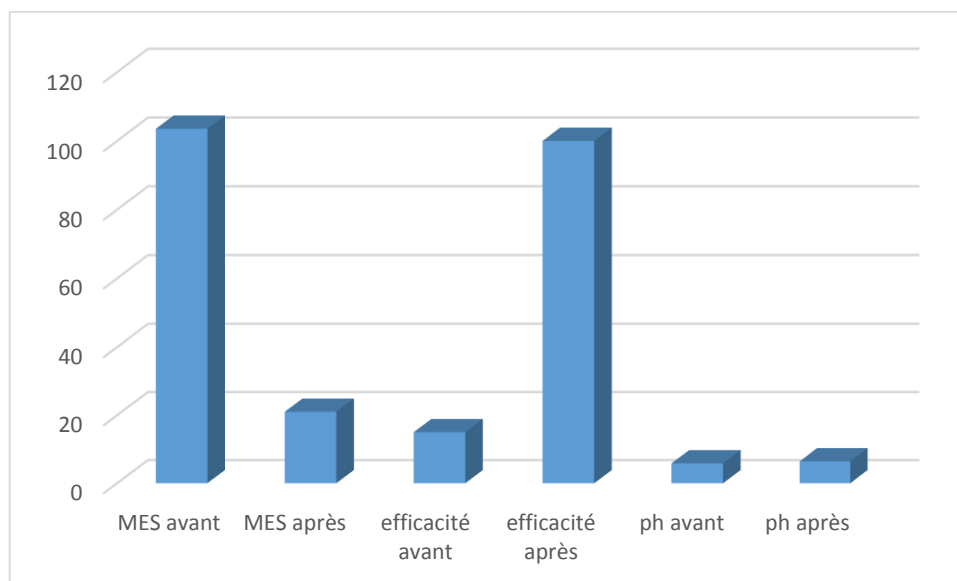


Figure IV.23 : les paramètres de traitement (MES, pH, Turbidité) avec et sans bentonite.

En comparant les résultats obtenus dans la figure (IV. 23), on remarque que l'ajout de la bentonite provoque une diminution de la valeur de MES de 103.5 à 21 mg/l et une augmentation de pH de 5.84 à 6.43 et améliore l'efficacité de ce traitement de 15% à 99.99%. Donc la bentonite est plus efficace comme adjuvant et améliore le procédé de coagulation-floculation.

Ces valeurs sont compatibles avec le décret algérien et on peut dire que cette eau ne produit aucun risque (danger) au milieu récepteur.

Conclusion Générale

Conclusion

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés par le traitement des eaux usées de la station de déshuilage de Haoud Berkaoui par un traitement physico-chimique en procédant à une coagulation-floculation.

Nous avons donc étudié plus particulièrement l'élimination des MES qui représentent un problème principal pour l'environnement et pour être vivante. Afin de cerner au mieux la problématique du thème choisi, l'élaboration d'une synthèse bibliographique a été nécessaire.

La première partie du mémoire a donc consisté en un état des connaissances sur les généralités des eaux usées et les procédés de leur traitement en particulier le procédé de coagulation floculation.

Notre travail a été consacré à l'étude des paramètres expérimentaux qui influencent la coagulation-floculation. Cette étude expérimentale a permis la description détaillée des réactifs utilisés ainsi que des protocoles expérimentaux suivis en cours des essais.

Les essais de coagulation-floculation des solutions préparées au laboratoire du CENTRE DE RECHERCHE ET DE DEVLOPEMENT de Boumerdes, sur Jar-Test ont permis d'aboutir aux résultats suivants :

- ✓ La détermination de la concentration du coagulant est un paramètre essentiel. La concentration optimale du coagulant (chlorure d'aluminium) qui donne la meilleure élimination de MES dans le cas de l'effluent traité, est de 5 ml pour le 1^{er} échantillon et 40 ml pour le 2^{ème} échantillon. Une surdose du coagulant produit inévitablement une déstabilisation des particules colloïdales qui sont susceptibles de changer la charge de surface.
- ✓ Le pH final 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 optimum du pH qui donne une bonne qualité d'eau traitée est entre 6.5 et 8.5.
- ✓ L'effet de la bentonite introduite lors du traitement donne une amélioration de 15% à 99.99% observée dans l'abattement de tous les paramètres.
- ✓ Il est nécessaire de tester d'autres techniques pour les comparer à la coagulation-floculation dans le traitement de déshuilages des eaux usées chargées en hydrocarbure

Liste des références.

- [1] Souda Elhadj Elmeki et Benamara Mouhamed Amine, « Traitement des eaux huileuses industrielles de la région HAUD BERKAOUI par adsorption sur charbon actif à base de boues d'épuration », Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master, Université KASDI-MERBAH Ouargla, 2022.
- [2] BACHOUCHE Amina, « Traitement des eaux usées de la station de déshuilage de Haoud Berkaoui », Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2013.
- [3] C. Gomella & H. Guerre, (1978) : «Le traitement des eaux publiques, Industrielles et Privées», Ed. Eyrolles, Paris, 262 p.
- [4] Les sciences / novembre 30, 2019 / Contribution à l'évaluation de l'efficacité du traitement des eaux usées domestiques de la station d'épuration à boues activées de la ville de SBA
- [5] ADJEROUD YASSMINA ,CHERIGUENE SOUHEYLA ,SAYOUD w;o AMINE. TRAITEMENT DES EAUX USEES ISSUES DES PROCEDES INDUSTRIELS ET PHARMACEUTIQUES. Université de Jijel (2012)
- [6] « Les sciences / novembre 30, 2019 / Contribution à l'évaluation de l'efficacité du traitement des eaux usées domestiques de la station d'épuration à boues activées de la ville de »
- [7] : DESJARDINS. R., (1997) : «Le traitement des eaux», 2ème édition, Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada.
- [8] : Kesbi R., (2016) : «Etude des performances épuratoires d'une STEP de l'Ouest Algérien cas de la nouvelle STEP d'Ain Témouchent». Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master en hydraulique, université Abou BakrBelkaid- Tlemcen.
- [9] S. W. Dekhil. Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA.
- [10] I. Diori, S. Mahmoud, S. Gharaibeh. Removal of phenol and aniline from water using Jordanian Organoclays clayres. (1997).
- [11] : Adjero .K, (2015) : «Etude physico-chimique et organiquedes eaux usées de la ville d'Ain Beida et leur impact sur l'irrigation». Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master en hydraulique, Université Larbi Ben M'hidi.
- [12] : E. fournier, MC Gill «Coagulation, Flocculation et Sédimentation, Filtration»,university and EPFL, Mars(2008).
- [13] K. Yahiaoui. Modélisation et optimisation multi-objectifs du traitement des eaux usées de la station d'épuration de la ville de Guelma par électrocoagulation. Mémoire de master. Université8 mai 1945.Guelma. (2015).
- [14]] K. Yahiaoui. Modélisation et optimisation multi-objectifs du traitement des eaux usées de la station d'épuration de la ville de Guelma par électrocoagulation. mémoire de master. Université8 mai 1945.Guelma.(2015).
- [15] OMS. Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées.(2007).
- [16] C.CARDOT «Traitement de L'eau», édit. Ellipses, Technosup, France(1999).
- [17] C.CARDOT «Traitement de L'eau», édit. Ellipses, Technosup, France(1999).
- [18] Dieudonné BISIMWA KAYEYE, 2014, Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue la mise en œuvre d'un traitement adéquat : cas de « ELAKAT » Bukavurd Congo, Innovation and Scientific Research, Vol. 12, P 494
- [19] Ibrahima DIAGNE, Momar NDIAYE, Birame NDIAYE, Cheikh Tidiane DIONE, Dame CISSE, Maoudo HANE et Abdoulaye DIOP, 2007, Répartition des paramètres physicochimiques et métalliques des eaux usées de Hann (Dakar) avec le milieu marin, internationale journal of biological and chemical Sciences, vol 11(6), pp 3100-3109.

- [20] UDERT KM, TA. LARSEN, M. BIEBOW, W. GUJER, 2003, Urea hydrolysis and precipitation dynamics in a urine-collecting system. *Water Resrch*, 37, 2571» 2582 et BONTE SL, M. PONS, O. POTIER, P. ROCKLIN, 2008, «Relation between Conductivity and Ion Content in Urban Wastewater", *Journal of Water Science*, vol 21, p 429- 438.
- [21] Abdoulaye DEMBA N'DIAYE, Khadijettou MINT MOHAMED SALEM, Mohamed OULD SID'AHMED OULD KANKOU, 2013, Contribution à l'étude de la qualité physicochimique de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal, *Larhyss*, n° 12, pp 71-83
- [22] S. Baha, F. Bensari. Epuration des eaux usées domestique par les boues activées : étude de la performance de la STEP d'ain el houtz, Mémoire de master, Université de Abou Beker Belkaid Tlemcen, (2014).
- [23] BOUHADI Rim ARIOUA Somia KAICHE Besma, Traitement des eaux usées par le procédé coagulation-floculation en utilisant des coagulants à base des sels d'aluminium ($Al_2(SO_4)_3$ - $AlCl_3$), Mémoire présent é pour l'obtention Du diplôme de Master Académique, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF –M'SILA, 2021.
- [24] ELIAS ASSAAD, ÉTUDE DU PROCESSUS DE COAGULATION-FLOCCULATION DU SYSTÈME MONTMORILLONITE-CHITOSANE DANS L'ÉLIMINATION DE MÉTAUX DE TRANSITION ,UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL, 2006.
- [25] Robert Hausler, Traitement des eaux usées par coagulation-floculation avec recirculation des boues chimiques : Évaluation et validation à grande échelle, Article in *Canadian Journal of Civil Engineering*, on 15 July 2014.
- [26] Z.Chaich: Optimisation de procédés de déshuilage dans la région Houad Berkaoui. Mémoire de Master en Génie Chimique. Université Ouargla, 2012, pp2-7.

Annexe

DECRETS

Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Le Chef du Gouvernement,

Sur le rapport du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;

Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990, complétée, relative à la commune ;

Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990, complétée, relative à la wilaya ;

Vu la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;

Vu la loi n° 04-04 du 5 Joumada El Oula 1425 correspondant au 23 juin 2004 relative à la normalisation ;

Vu la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005 relative aux hydrocarbures ;

Vu le décret présidentiel n° 04-136 du 29 Safar 1425 correspondant au 19 avril 2004 portant nomination du Chef du Gouvernement ;

Vu le décret présidentiel n° 05-161 du 22 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 1er mai 2005 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels ;

Décrète :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 10 de la loi n° 03-10 du 19 juillet 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de définir les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

SECTION 1

DES DISPOSITIONS PRELIMINAIRES

Art. 2. — Au sens du présent décret on entend par rejet d'effluents liquides industriels tout déversement, écoulement, jet et dépôt d'un liquide direct ou indirect qui provient d'une activité industrielle.

Art. 3. — Les valeurs limites de rejets d'effluents liquides industriels sont celles fixées en annexe du présent décret.

Toutefois, en attendant la mise à niveau des installations industrielles anciennes dans un délai de cinq (5) ans, les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels prennent en charge l'ancienneté des installations industrielles en déterminant une tolérance pour les rejets d'effluents liquides industriels émanant de ces installations. Ces valeurs sont fixées et annexées au présent décret.

Pour les installations pétrolières, le délai est de sept (7) ans conformément aux dispositions législatives en vigueur, et notamment celles de la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005, susvisée,

En outre et en raison des particularités propres aux technologies utilisées, des tolérances particulières aux valeurs limites sont également accordées selon les catégories industrielles concernées. Ces tolérances sont annexées au présent décret.

SECTION 2

DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

Art. 4. — Toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies en annexe du présent décret et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée.

Art. 5. — Les installations de traitement doivent être conçues, exploitées et entretenues de manière à réduire à leur minimum les durées d'indisponibilité pendant lesquelles elles ne peuvent assurer pleinement leur fonction.

Si une indisponibilité est susceptible de conduire à un dépassement des valeurs limites imposées, l'exploitant doit prendre les dispositions nécessaires pour réduire la pollution émise en réduisant ou en arrêtant, si besoin, les activités concernées.

SECTION 3

DU CONTROLE DES REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

Art. 6. — Au titre de l'autocontrôle et de l'autosurveillance les exploitants d'installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent tenir un registre où sont consignés la date et les résultats des analyses qu'ils effectuent selon des modalités fixées par arrêté du ministre chargé de l'environnement et, le cas échéant, du ministre chargé du secteur concerné.

Les mesures sont effectuées sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais dans les conditions fixées par la réglementation en vigueur.

Art. 7. — Les résultats des analyses doivent être mises à la disposition des services de contrôle habilités.

Art. 8. — Les services habilités en la matière effectuent des contrôles périodiques et ou inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets d'effluents liquides industriels visant à s'assurer de leur conformité aux valeurs limites fixés en annexe du présent décret.

Art. 9. — Le contrôle des rejets comporte un examen des lieux, des mesures et analyses opérées sur place et des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyses.

Art. 10. — L'exploitant de l'installation concernée est tenu d'expliquer, commenter ou fonder tout dépassement éventuellement constaté et fournir les actions correctives mises en œuvre ou envisagées.

Art. 11. — Les opérations de contrôle, telles que définies ci-dessus, donnent lieu à la rédaction d'un procès-verbal établi à cet effet.

Le procès-verbal comporte :

— les noms, prénoms et qualité des personnes ayant effectué le contrôle,

— la désignation du ou des générateurs du rejet d'effluents liquides industriels et de la nature de leur activité,

— la date, l'heure, l'emplacement et les circonstances de l'examen des lieux et des mesures faites sur place,

— les constatations relatives à l'aspect, la couleur, l'odeur du rejet, l'état apparent de la faune et de la flore à proximité du lieu de rejet et les résultats des mesures et des analyses opérées sur place,

— l'identification de chaque échantillon prélevé, accompagné de l'indication de l'emplacement, de l'heure et des circonstances de prélèvement,

— le nom du ou des laboratoires destinataires de l'échantillon prélevé.

Art. 12. — Les méthodes d'échantillonnage, de conservation et de manipulation des échantillons ainsi que les modalités d'analyses sont effectuées selon les normes algériennes en vigueur.

Art. 13. — Toutes dispositions contraires au présent décret et notamment les dispositions du décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993, susvisé, sont abrogées.

Art. 14. — Le présent décret sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006.

Ahmed OUYAHIA.

ANNEXE I

VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercuré total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7

PH : Potentiel d'hydrogène
 DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
 DCO : Demande chimique en oxygène
 MES : Matière en suspension

ANNEXE II

TOLERANCE A CERTAINES VALEURS LIMITEES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS
LIQUIDES INDUSTRIELS SELON LES CATEGORIES D'INSTALLATIONS

1 - INDUSTRIE AGRO-ALIMENTAIRE :

a - Abattoirs et transformation de la viande :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITEES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITEES ANCIENNES INSTALLATIONS
Volume /quantité	m ³ /t carcasse traitée	6	8
PH	-	5,5 - 8,5	6-9
DBO ₅	g/t	250	300
DCO	"	800	1 000
Matière décantable	"	200	250

b - Sucrerie :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITEES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITEES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	6-9	6-9
DBO ₅	mg/l	200	400
DCO	"	200	250
MES	"	300	350
Huiles et graisses	"	5	10

c - Levurerie :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITEES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITEES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	35
PH	-	5,5 - 8,5	6,5 - 8,5
DBO ₅	mg/l	100	120
DCO	"	7 000	8 000
MES	"	30	50

d - Brasserie :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITEES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITEES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	5,5 - 8,5	9 - 10,5
DBO ₅	g/t de malt produit	250	300
DCO	"	700	750
MES	"	250	300

PH : Potentiel d'hydrogène

DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours

DCO : Demande chimique en oxygène

MES : Matière en suspension

e - Corps Gras :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	5,5 - 8,5	6-9
DBO ₅	g/t	200	250
DCO	"	700	800
MES	"	150	200

2 - Industrie de l'Energie :

a - Raffinage de pétrole :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Débit d'eau	m ³ /t	1	1,2
Température	°C	30	35
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5
DBO ₅	g/t	25	30
DCO	"	100	120
MES	"	25	30
Azote total	"	20	25
Huiles et graisses	mg/l	15	20
Phénol	g/t	0,25	0,5
Hydrocarbures	g/t	5	10
Plomb	mg/l	0,5	1
Chrome 3+	"	0,05	0,3
Chrome 6+	"	0,1	0,5

b - Cokéfaction :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
DBO ₅	mg/l	30	40
DCO	"	120	200
Phosphores	"	2	2
Cyanures	"	0,1	0,1
Composés d'Azote	"	35	40
Indice Phénols	"	0,3	0,5
Benzène, Toluène, Xylène	"	0,08	0,1
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	"	0,08	0,1
Sulfure	"	0,08	0,1
Substances filtrables	"	40	50

PH : Potentiel d'hydrogène
DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
DCO : Demande chimique en oxygène
MES : Matière en suspension

3 - Industrie mécanique :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	5,5- 8,5	5,5- 8,5
DCO	mg/l	300	350
Cyanure	"	0,1	0,15
Cuivre	"	0,7	1
Nickel	"	0,7	1
Zinc	"	2,5	3
Plomb	"	0,7	1
Cadmium	"	0,5	1
Hydrocarbures	"	15	20
Phénol	"	0,5	1
Métaux totaux	"	20	25

4 - Industrie de transformation des métaux :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Cuivre	mg/l	1,5	2
Nickel	"	2	2,5
Chrome	"	1,5	2
Fer	"	5	7,5
Aluminium	"	5	7,5

5 - Industrie de minerais non métallique :**a - Céramique :**

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5
DCO	mg/l	80	120
Matière décantable	"	0,5	1
Plomb	"	0,5	1
Cadmium	"	0,07	0,2

b - Verre :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES INDUSTRIES ANCIENNES
Température	°C	30	30
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5
DCO	mg/l	80	120
MES	"	0,3	0,5
Plomb	"	0,5	1
Cadmium	"	0,07	0,2
Chrome	"	0,1	0,1
Cobalt	"	0,1	0,1
Cuivre	"	0,1	0,3
Nickel	"	0,1	0,5
Zinc	"	2	5

PH : Potentiel d'hydrogène
DCO : Demande chimique en oxygène
MES : Matière en suspension

c - Ciment, plâtre et chaux :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5
DCO	mg/l	80	120
Matière décantable	"	0,5	1
Plomb	"	0,5	1
Cadmium	"	0,07	0,2
Chrome	"	0,1	0,1
Cobalt	"	0,1	0,1
Cuivre	"	0,1	0,3
Nickel	"	0,1	0,5
Zinc	"	2	5

6 - Industrie de textile :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	35
PH	-	6,5-8,5	6-9
DBO ₅	mg/l	150	200
DCO	"	250	300
Matière décantable	"	0,4	0,5
Matière non dissoute	"	30	40
Oxydabilité	"	100	120
Permanganate	"	20	25

7 - Industrie de tannerie et mégisserie :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES INDUSTRIES ANCIENNES
DBO ₅	mg/l	350	400
DCO	"	850	1000
MES	"	400	500
Chrome total	"	3	4

PH : Potentiel d'hydrogène
 DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
 DCO : Demande chimique en oxygène
 MES : Matière en suspension