



Département of Process Engineering

قسم هندسة الطرائق

Réf :...../U.M/F.S.T/2024

رقم :..... / ج.م.ك.ع.ت//2024

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : **GÉNIE DES PROCÉDÉS**

Option: **GÉNIE CHIMIQUE**

### THÈME

Etudes du Traitement de l'Eau Potable de l'Oued aux  
Consommateurs

Présenté par

1-Melle GOUDJIL Zineb

2-Melle KHAREZE Chahinaz

Soutenu le 06 /06 / 2024 devant le jury composé de :

Président :	Mme MOHAMED SEGHIR. Z	Grade : MCB	Université de Mostaganem
Examineur :	Mme KHELLADI. M	Grade : MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	Mr MEKHATRIA. D	Grade : MCB	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2023/2024

## **REMERCIEMENTS**

*Nous remercions tout d'abord ALLAH le tout-puissant, le très miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience pour achever ce travail, et de la volonté pour l'accomplir et nous avoir guidés sur le droit chemin*

*Nos remerciements vont aux membres du jury, **M<sup>me</sup> KHELADI.M** comme présidente et **M<sup>me</sup> MOHAMED SGHIR.Z** comme examinatrice **pour** l'honneur qu'ils nous ont fait d'accepter d'examiner et de juger ce travail.*

*Nos remerciements vont aussi Mr **MKHATRIA Djilali** pour avoir accepté de diriger et de superviser ce travail ainsi que pour ses orientations, ses conseils, son soutien et ses encouragements.*

*Que le personnel technique de ADE Oued Kramis et de Mostaganem trouve en ces termes une reconnaissance pour avoir accepté et superviser ce travail ainsi que pour l'aides et le soutien infatigable à l'égard de ce travail.*

*Nous n'oublions pas d'adresser une reconnaissance à nos enseignants pour les efforts qu'ils ont fourni pour que nous ayons ce niveau.*

*Enfin, un grand merci pour nos familles et tous nos camarades et amis de la promotion pour la compagnie agréable et les bons souvenirs, en particulier noter collègue Sarah on la remercie du fond du cœur d'avoir été à nos côtés et de nous avoir aidé. Nous lui souhaitons le meilleur.*

## ***Dédicaces***

*Tout d'abord, grâce à « Allah » qui m'a guidé sur le droit chemin tout le long de ce travail. Il m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ni moi ni ce travail n'auront abouti.*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes chers parents qui m'ont tout donné, qui ont toujours été là pour moi, je les remercie infiniment pour m'avoir soutenu et accompagné tout au long de mes études. Je prie Allah de les bénir, de veiller sur eux en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi*

*A mes chers frères et sœurs qui m'ont aidé dans mon parcours universitaire.*

*A tout ma famille, mes proches et mes amis*

*Sans oublier mon binôme Chahinaz pour son soutien moral*

*Sa patience et sa compréhension tout le long de ce projet*

***Zineb***

*Je dédie ce travail à mes chers parents.*

*A ma mère.*

*Vous m'avez donné la volonté, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux vous offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je porte pour vous. Vous êtes et vous avez été toujours pour moi la lumière qui me guide vers le chemin de la réussite. C'est à vous que je dois mon succès et en témoignage, je vous offre ce modeste travail pour vous remercier de vos Sacrifices et pour l'affection que vous m'avez toujours témoignée.*

*A Mon père*

*L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de Mon estime et de mon respect Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu vous préserve et vous procure santé et longue vie*

*A Mes frères et seures*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous.*

*Votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur.*

*Puisse Dieu vous garder et éclaire votre route et vous aide à réaliser tous vos vœux les plus chers*

*A mes chères amies*

*Je vous remercie l'amitié mes chères à mon cœur. Je vous souhaite tout le bonheur du monde.*

**Chahinaz**

# Sommaire

Chapitre I : Généralité sur l'eau.....	12
Généralité.....	12
I.1. L'écosystème aquatique : .....	12
I.2. Qu'est-ce que l'eau :.....	12
I.3. La molécule d'eau : .....	12
I.4. Substances présentes dans l'eau : .....	13
I.4.1. Les matières colloïdes. ....	13
I.4.2. Les matières minérales : .....	13
I.4.3. Les matières organiques : .....	13
I.4.4. Les matières en suspension : .....	13
I.5. Les différents types d'eau :.....	14
I.5.1. Eau de pluie : .....	14
I.5.2. Eau de surface : .....	14
I.5.3. Eaux souterraines : .....	15
I.5.4. Eau de mer : .....	15
I.6. Cycle d'eau :.....	15
I.7. Propriétés des eaux :.....	16
I.7.1. Propriétés physiques :.....	16
I.7.2. Propriétés chimiques : .....	17
I.8. Pollution de l'eau :.....	17
I.8.1. Définition.....	17
I.8.2. Principales sources de la pollution d'eau .....	17
I.8.3. Les paramètres de pollution .....	18
I.8.3.1. Les paramètres organoleptiques .....	18
I.8.3.2. Les paramètres physiques.....	19
I.8.3.2. Les paramètres chimiques .....	19
Chapitre II : Traitement des eaux .....	21
II.1. Objectif du traitement de l'eau :.....	21
II.2. Présentation de la chaîne de traitement :.....	21
II.3. Fonctionnement de la station : .....	22
II.3.1. Le Débourbeur : .....	23
II.3.3 : préchloration .....	24
II.3.4. Clarification.....	25

II.3.4. Désinfection final (poste de chloration).....	28
II.3.5. Système de dosage de produits chimique (traitement chimique).....	29
II.3.6. Réservoir de stockage de l'eau traitée.....	29
Chapitre III : Matériels et Méthodes.....	32
III.1. Algérienne des Eaux ADE.....	32
III.3. Paramètre physico-chimique et bactériologique.....	33
III.3.1. Analyse physico-chimique complet (A.P.C) : .....	33
III.4 : Jar-test :.....	38
III.5 : Dosage .....	38
III.6 : Absorption de chlore (teste du break point) : .....	41
Conclusion générale.....	45
Référence bibliographie :.....	46

## Liste des abréviations

ADE : Algérienne des eaux

C° : degré Celsius

DCO : demande chimique en oxygène

DO : oxygène dissous

°F : degré français

MES : matière en suspension

MO : matière organique

Na<sub>2</sub>O<sub>5</sub>SO<sub>2</sub> : méta bisulfite de sodium

NET : noir érichrome toluène

OI : osmose inverse

pH : potentiel hydrogène

TA : titre alcalimétrique simple

TAC : titre alcalimétrique complet

T<sub>CA</sub><sup>2+</sup> : titre calcique

TH : titre hydrométrique

µs/cm : micro siemens par centimètre

NTU: Nephelometric Turbidity Unit (unité de Turbidité Néphélométrique)

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

TDS : Total des Solides Dissous

P : Pression

Ppm: Partie Par Million

TTC : Tripheny Tetrazoluim Chloride (Chlorure de Triphenyl Tetrazolium)

## ملخص :

يعتبر الماء عنصرا ضروريا لجميع الكائنات الحية بما في ذلك البشر حيث يجب على المناطق الحضرية والريفية على حد سواء تطوير إنتاج المياه لأن بلدنا غني بموارد المياه الغير المنتظمة والتي لا يمكن السيطرة عليها.

من أجل التحكم في جودة المياه، يستلزم إجراء تحليلات التي تظهر وجود ملوثات بصفة مفرطة أو الغير مرغوب فيها.

من خلال هذه المرحلة التي تم تنفيذها داخل مختبر محطة وادي كراميس تمكنا من تحسين خطوة التخثر والتلبد و التي تعتبر مرحلة أساسية من مراحل تحليل المياه الخام

## Abstract :

Water is seen as a necessity element for all living things including humans. Urban and rural areas alike must develop water production because our nation is rich in erratic and uncontrollable water resources. In order to control the quality of the water it is more common to carry out analyses that show the presence of excessive and/or undesirable contaminants.

Through this stage which was carried out within the Kramis valley Station we was able to improve the coagulation-flocculation step, which is considered an essential stage in the analysis of raw water.

## Résumé :

L'eau est une nécessité pour tous les êtres vivants, y compris les humains. Les zones urbaines et rurales doivent développer la production d'eau parce que notre nation est riche en ressources en eau erratiques et incontrôlables. Afin de contrôler la qualité de l'eau, il est plus courant d'effectuer des analyses qui montrent la présence de contaminants excessifs et/ou indésirables. Grâce à cette étape qui a été réalisée au sein du laboratoire de la station d'oued Kramis nous avons pu améliorer l'étape de coagulation-floculation.

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION

L'eau est la vie, car l'eau est un élément important pour la continuité de la vie sur terre, en raison de ses multiples utilisations. L'eau potable est une eau utile pour la santé et qui contient des éléments chimiques et physiques dans des proportions raisonnables.

L'eau est un composant chimique avec une formule chimique. L'eau est présente à la surface de la terre à l'état liquide, car l'eau pure sans intervention humaine contient des éléments vivants et actifs représentés par des substances organiques et minérales en plus des colloïdes. Comme nous le savons, l'eau est un excellent solvant pour de nombreux éléments chimiques et a la propriété d'oxydation et de réduction. L'eau est présente à la surface de la terre en raison du phénomène du cycle de l'eau, elle tombe donc sous forme de neige de pluie. Les sources d'eau diffèrent du souterraine et de la surface à l'eau de mer, et donc les caractéristiques de chaque espèce différente selon son environnement.

Récemment, l'humanité a été témoin d'une grave pénurie de quantités d'eau potable sure en raison de l'énorme explosion démographique de la population, qui a entraîné la propagation du phénomène de pollution dont les sources différentes des sources industrielles, agricoles et autres, provoquant un défaut dans la composition chimique des éléments constitutifs de l'eau qui à son tour a dépassé les limites des normes enregistrées.

Par conséquent, nous avons décidé d'élargir notre cercle de connaissances et d'approfondir les étapes les plus importantes à travers lesquelles l'eau passe par le traitement et l'analyse, et nous avons donc organisé un cours pratique avec l'eau algérienne dans la province de Mostaganem, faisant référence au laboratoire de cette dernière.

L'objectif de notre travail est d'examiner et de suivre les analyses des sources d'approvisionnement en eau potable les plus importantes de Mostaganem, représentées par la station d'épuration située au barrage d'oued Kramis. Notre travail est devisé en trois chapitres :

La première partie contient une étude bibliographique qui contient deux chapitres :

Le premier chapitre des généralités sur l'eau et la pollution de l'eau, et le deuxième chapitre sur les stations de traitement des eaux au niveau de la wilaya de Mostaganem et les différentes analyses physico-chimique effectuée.

La deuxième partie c'est la partie pratique qui contient l'environnement des méthodes et matériels utilisés durant la période de stage et interprétation et discussion des résultats et de la conclusion générale qui inclut les résultats finaux des analyses.

A photograph of water being poured into a clear glass. The water is captured in mid-pour, creating a dynamic splash and bubbles. The background is a soft, light blue gradient.

# **Chapitre I**

# **Généralités de l'eau**

# Chapitre I : Généralité sur l'eau

## Généralité

### I.1. L'écosystème aquatique :

L'écosystème aquatique est un milieu naturel aquatique où les espèces animales et végétales vivent. Les lacs, les cours d'eau, les zones inondables ou humides (marais et tourbières) et les nappes souterraines constituent les écosystèmes aquatiques [1].

### I.2. Qu'est-ce que l'eau :

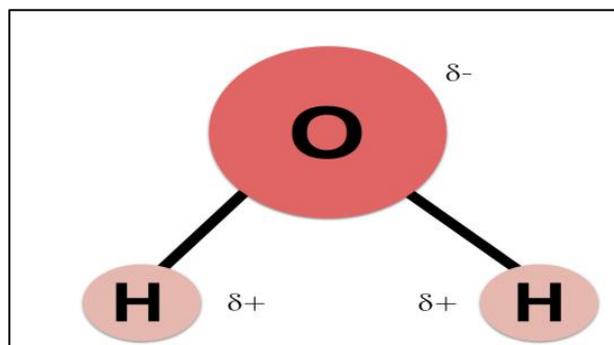
L'eau est un corps incolore, inodore, insipide. Liquide à la température ordinaire, l'eau constitue un élément indispensable à la vie. C'est le substrat fondamental d'activités biologiques et il est le constituant le plus important des êtres vivants (70 % du poids en moyenne).

L'eau se rencontre dans la nature sous trois états : solide, liquide et gazeux dépendant des conditions particulières de température et de pression [2]. C'est un bon solvant pour la plupart des corps solides et il est, quelque fois, désigné sous le nom de « solvant universel ». Sa formule chimique est « $H_2O$ » et est composée de deux atomes hydrogène et d'un atome d'oxygène.

L'eau est dite potable ou eau de consommation quand elle satisfait un certain nombre de caractéristique la rendant propre à la consommation humaine [3].

### I.3. La molécule d'eau :

L'analyse structurale a permis de connaître la forme de la molécule d'eau composée d'un atome d'oxygène lié à deux atomes d'hydrogène avec une liaison covalente polarisée dont la longueur de liaison H-O-H est de  $0,96\text{\AA}$  et un angle de liaison de  $104,30^\circ$ .



*Figure I.1 : la molécule d'eau*

La molécule est un dipôle électrique (*Figure I.1*). Cette répartition des charges permet de comprendre certaines propriétés physico-chimiques (solvant-soluté), car cette propriété électrique est responsable du grand pouvoir dissolvant de l'eau vis-vis de composés ionique comme certains sels, acides et bases [4].

#### **I.4. Substances présentes dans l'eau :**

A la différence de divers phénomènes de pollution, celle des eaux se traduit par les effets particuliers liés aux spécificités écologiques propres aux milieux aquatiques [5]. En effet l'eau peut dissoudre, souvent avec facilité, de nombreuses substances chimiques et biologiques. Par conséquent, tout polluant peut être véhiculé très loin de la source de contamination [6]. Parmi les matériaux de l'eau, il ya :

##### **I.4.1. Les matières colloïdes.**

Les matières colloïdales sont des particules de très faible diamètre qui influent sur la couleur et la turbidité de l'eau de surface [7]. Elles présentent un diamètre compris entre 1µm à 1nm, avec des propriétés d'adsorption des ions dans l'eau, expliquant leur stabilité en solution. Issues de diverses sources, telles que la dissolution de substances minérales, l'érosion ou les déchets agricoles, ces colloïdes sont des systèmes comportant deux phases ou plus, généralement un fluide, et sont essentiels dans les processus de traitement de l'eau pour éliminer les impuretés [8].

##### **I.4.2. Les matières minérales :**

La matière minérale désigne les composants inertes tels que les cristaux ou les roches, et les minéraux industriels. Elles se distinguent de la matière organique présente dans les êtres vivants. Elles sont essentielles à de nombreux aspects de la vie quotidienne, allant des produits de consommation courante aux industries. Elles englobent une variété de minéraux et de composants minéraux [9].

##### **I.4.3. Les matières organiques :**

Les matières organiques incluent les composés chimique set les molécules organiques trouvées dans les milieux naturels, provenant de restes d'animaux, de végétaux, bactérie set de leurs déchets. Elles sont généralement hétérogènes et composées de matière décomposées d'origine animale, végétale, et bactérienne, ainsi que composés organique issus de déchets et débris de l'environnement trouvés dans le sol.

Ces matières comprennent, aussi, des substances hydrocarbonées, azotées, sels minéraux, et produits transitoires aboutissant aux substances minérales simples [9].

##### **I.4.4. Les matières en suspension :**

Ce terme utilisé dans les domaines de l'écologie des milieux aquatiques et le secteur industriel du traitement de l'eau ,inclut toutes les formes de minéraux ,de sable, de boue, d'argile, de roche sous forme de débris (dont anthropique) , de particule de matière organique (dont microorganismes) ou autres, dont la taille est comprise entre 1 micromètre et 1 centimètre [10].

Les particules fines en suspension dans une eau sont soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit d'origine anthropique et alors apportée par les dépôts atmosphérique et/ou par les rejets urbains, agricoles, domestiques ruraux et industriel [11]. Leur élimination est simple.

### **I.5. Les différents types d'eau :**

On trouve quatre sources principales d'eaux naturelles : les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de mer. Chaque source a ses caractéristiques.

#### **I.5.1. Eau de pluie :**

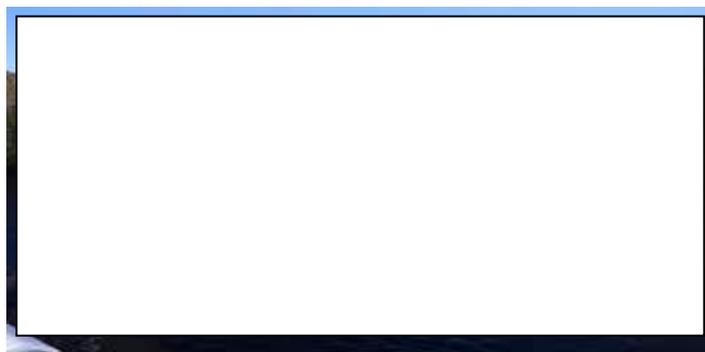
L'eau de pluie est une eau douce provenant des précipitations atmosphériques. Elle se forme lorsque l'humidité dans l'air se condense et devient suffisamment lourde pour tomber sous l'effet de la gravité [12]. Elle contient en dissolution toutes les substances qui existent dans l'air, telles que l'oxygène, le dioxyde de carbone et ne contiennent aucun sel dissous comme le magnésium et le calcium [12]. Théoriquement l'eau de pluie est une eau distillée.



*Figure I.2 : les précipitation*

#### **I.5.2. Eau de surface :**

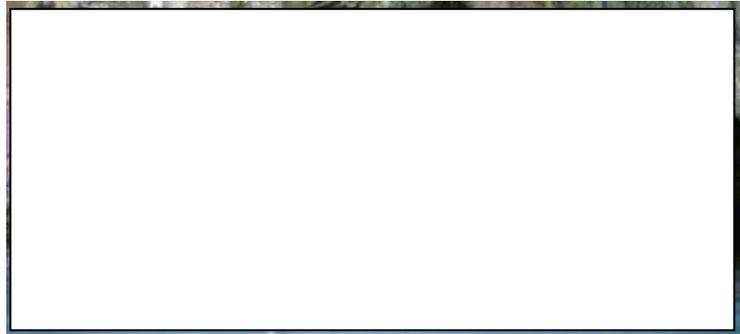
Les eaux de surface sont les eaux que l'on trouve à la surface de la terre, comme les rivières, les lacs, les étangs, et les océans. Elles sont alimentées principalement par les précipitations et sont plus vulnérables à la pollution [13].



*Figure I.3 : Les eaux de surface.*

### **I.5.3. Eaux souterraines :**

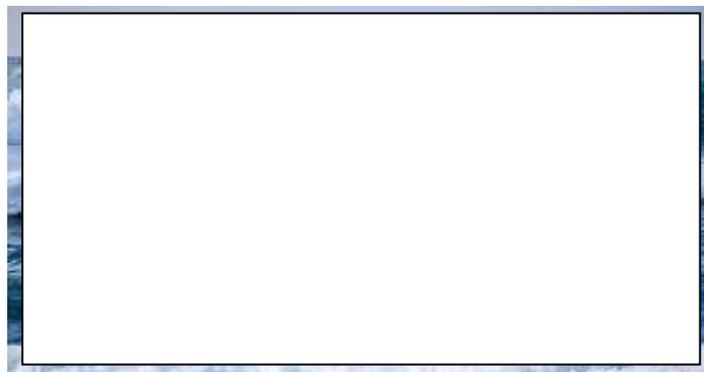
Les eaux souterraines regroupent l'ensemble des réserves d'eau qui se trouvent dans le sous-sol. L'eau est stockée dans des zones appelées aquifères, composées de roches poreuses et/ou fissurées. L'eau peut s'accumuler dans ces espaces vides pour former des nappes, qui occupent tout ou une partie de l'aquifère [14].



*Figure I.4 : Eau souterraine*

### **I.5.4. Eau de mer :**

L'eau de mer est l'eau salée des mers et des océans de la Terre. On dit qu'elle est « salée » parce qu'elle contient des substances dissoutes, les sels et est constituées d'ions. On trouve 30 à 40 g de sels dissous pour 1kg d'eau de mer. Elle est opposée à l'eau douce, qui contient moins de 1g de sels dissous par kilogramme. La masse volumique de l'eau de mer à la surface est d'environ 1,025g/ml, supérieure de 2,5% à celle de l'eau douce (1g/ml) à cause de la masse du sel et de l'électrostriction [15].



*Figure I.5 : l'eau de mer.*

### **I.6. Cycle d'eau :**

Le cycle de l'eau est la circulation et les échanges d'eau entre les océans, l'atmosphère, les eaux douces de surface, et l'eau contenue dans le sol et le sous-sol. Il implique l'évaporation de l'eau des océans et des mers, la condensation pour former des nuages, les précipitations sous forme de pluie ou neige, l'infiltration dans le sol, l'écoulement souterrain, et le retour de l'eau vers les océans et les lacs, formant ainsi un cycle continu. Il comprend de multiples phénomènes comme :

- **La vaporisation**

La vaporisation est le processus par lequel une substance passe de l'état liquide à l'état gazeux, sous l'effet de la chaleur. Cela inclut l'évaporation, qui est le passage lent et progressif d'un liquide à un état gazeux, nécessitant suffisamment d'énergie pour surmonter la tension superficielle.

- **La condensation**

La condensation est le processus physique par lequel un gaz ou une vapeur se transforme en liquide lorsque la température baisse ou la pression augmente

- **Les précipitations**

La précipitation peut se définir comme la quantité d'eau, de grêle ou de neige qui tombe de l'atmosphère sur le sol. De manière plus spécifique, il s'agit d'un phénomène chimique ou physique où un corps devient solide dans le liquide où il était dissous, formant ainsi un précipité

- **L'infiltration**

L'infiltration est le processus par lequel un liquide, comme l'eau, pénètre lentement à travers les interstices d'une roche poreuse. Cela peut se produire naturellement, comme dans le sol, ou être induit par des facteurs tels que des dégâts des eaux ou des activités humaines. L'infiltration est un phénomène important dans l'hydrologie, la science du sol et la gestion de l'eau et la disponibilité de l'eau dans les régions [16].

## **I.7. Propriétés des eaux :**

Les propriétés des eaux sont diverses et essentielles à la vie. L'eau composée chimique  $H_2O$ , se trouve sous forme solide, liquide et gazeuse. Ses propriétés physico-chimiques complexes la rendent vitale pour la vie sur terre, agissant comme un solvant universel et régulateur thermique. Les eaux naturelles, traitées pour divers usages, présentent des caractéristiques physiques telles que la masse volumique, la viscosité, et la chaleur massique. Il est considéré comme l'un des principaux composants de la substance vivante, est indispensable à la vie, avec des propriétés uniques et cruciales pour notre existence et chaque cas est divisé en éléments.

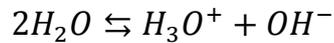
### **I.7.1. Propriétés physiques :**

Elles se résument en

- a) La masse volumique :** Sa masse volumique est de 1 gramme par centimètre cube. Elle varie avec la température et la pression mais aussi avec la teneur en sel dissous.
- b) La viscosité :** elle dépend du fluide. Par exemple, l'eau a une viscosité de  $1mPas$  à  $20^{\circ}C$ , l'huile d'olive a une viscosité de  $84mPa s$  à la même température. Chaque fluide a une viscosité spécifique qui peut varier significativement. Contrairement aux autres liquides, une pression modérée, rend l'eau moins visqueuse aux basses températures [17].

c) **La conductivité électrique :** L'eau est légèrement conductrice. La conductivité de l'eau pure à 20°C est  $4,2 \cdot 10^{-6} \text{S/m}$  ce qui correspond à une résistivité très élevée de  $23,8 \text{M } \Omega \cdot \text{cm}$ .

Cette conductivité très faible, mais jamais nulle de l'eau, est expliquée par une légère dissociation de la molécule d'eau en ions selon l'équation chimique [18].



### **I.7.2. Propriétés chimiques :**

L'eau est, par ses propriétés électriques et sa constitution moléculaire, particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solides [19].

a) **L'eau solvant :** C'est un excellent solvant. Elle peut dissoudre de nombreux solides et certains gaz et affecte, en tant que solvant, les propriétés chimiques de différentes manières. En dissolvant des éléments, elle peut attaquer les parois des récipients et dissoudre des gaz comme le gaz carbonique. De plus, sa polarité lui permet de dissoudre des composés ioniques et polaires, facilitant les réactions biochimiques. L'eau joue un rôle crucial dans les réactions chimiques impliquant des charges électriques, agissant comme un excellent véhicule pour les agents agressifs, influençant des processus tels que le chauffage central et la régulation de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère.

b) **Oxydoréduction :** L'eau constitue un système oxydoréduction particulièrement important puisque son domaine de stabilité sera limité par ses réactions d'oxydation et de réduction [19]. Le pôle positif représente un déficit en électron, c'est un agent oxydant. Le pôle négatif est caractérisé par un excès d'électron c'est un agent réducteur qui pourra céder des électrons [20].

## **I.8. Pollution de l'eau :**

### **I.8.1. Définition**

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et (ou) perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. La pollution des eaux est le fait de divers types de rejets ponctuels ou diffus, qui apportent au milieu soit des calories, des substances minérales ou organique ou des micro-organismes pathogènes. Elles ont comme principales origine : l'activité humaine, les industries et l'agriculture [21].

### **I.8.2. Principales sources de la pollution d'eau**

De nombreuses activités humaines provoquent une pollution de l'eau, il y en a donc beaucoup de sources de pollution de l'eau telles :

- **Domestique** : Nos eaux usées urbaines sont constituées de matière organique biodégradable certes mais de grandes consommatrices d'oxygène, de germes pathogènes et des produits chimiques [22].
- **Industrielles** : Les principales sources incluent l'agro-alimentaire, les papeteries, la production d'alcool éthylique, la métallurgie des métaux ferreux, l'industrie manufacturière, les carrières, et le secteur routier.

Les effluents rejetés par les huileries ont un impact néfaste sur l'environnement et pose beaucoup de problèmes [23].

- **Agricole** : L'agriculture sous tous ces axes est responsable de rejet de nombreux polluants organique et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines. La pollution agricole fait référence à la pollution issue d'activités agricoles, les pollutions diffuses provenant de mauvaises pratiques de fertilisation ou de traitements phytosanitaires excessifs. Les principales sources de cette pollution sont les épandages d'engrais, de déjections animales et de produits phytosanitaires (pesticides, herbicides, fongicides) qui peuvent se retrouver dans les eaux souterraines, les rivières et les lacs. Cette pollution agricole est considérée comme l'une des principales causes de la dégradation de la qualité de l'eau en France [24].
- **Les Eaux de ruissellement** : Les eaux de ruissellement comprennent les eaux de pluie et celles transportant des polluants de la surface urbaine vers les cours d'eau. Ces eaux peuvent contenir des matières organiques, des pesticides, des métaux lourds, et des hydrocarbures, menaçant l'environnement et la santé humaine. Pour contrer ces effets néfastes, des solutions comme l'aménagement de terrains et des dispositifs de filtration de l'eau et des dispositifs de filtration sont essentiels [25].

### **1.8.3. Les paramètre de pollution**

La pollution est mesurée à l'aide de trois critères : les paramètres organoleptiques, les paramètres physiques, et les paramètres chimiques.

#### *1.8.3.1. Les paramètres organoleptiques*

- a) **Couleur** : Un changement de couleur de l'eau peut indiquer une pollution. La couleur de l'eau peut varier en fonction de divers facteurs tels que la présence de minéraux, de sédiments, de substances naturelles ou artificielles, et même de pollution. Des couleurs inhabituelles comme le vert ou le noir peuvent signaler des problèmes potentiels. Lors de l'oxydation avec l'oxygène de l'eau, une couleur « rouille » et des dépôts d'hydroxyde de fer apparaissent [26].

**b) Gout et odeur :** Un changement anormal ou l'apparition d'odeur sont caractéristique de dégradation de la qualité, souvent précurseur de pollution [27]. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives car il n'y a pas d'appareil pour les mesurer [28].

#### *1.8.3.2. Les paramètres physiques*

Ils englobent :

- a) **Potentiel hydrogène (pH) :** il représente le degré d'acidité ou d'alcalinité de l'eau, dont le facteur le plus important est la concentration en anhydride carbonique. Le pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène ( $H^+$ ) présents dans une eau. Sa mesure peut être réalisée par différentes méthodes [29].
- b) **Les matières en suspension :** elles comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau et elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organique et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de matière en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau est diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatique polycycliques ...). Les matières en suspension sont exprimées en mg/l [30].

#### *1.8.3.2. Les paramètres chimiques*

- a) **L'oxygène dissous :** composé essentiel de l'eau, il permet la vie de la faune et conditionne, aussi, les réactions biologiques dans les écosystèmes aquatiques [31].
- b) **La demande chimique en oxygène (DCO) :** C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par l'oxygène renfermé dans un effluent. Elle représente la plupart des composés organiques (détergents, matières fécales etc.) [32].
- c) **La demande biologique en oxygène (DBO) :** Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentent dans les eaux usées par les micro-organismes du milieu [32]. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées.

# **Chapitre II**

## **Traitement Des eaux**



## Chapitre II : Traitement des eaux

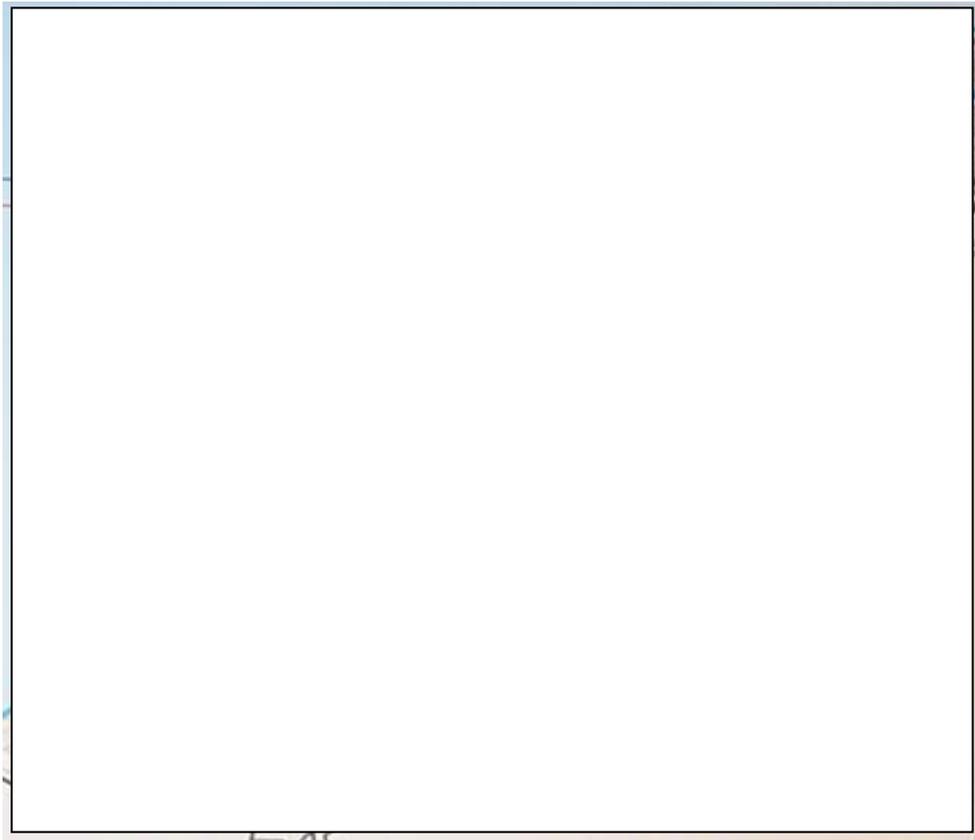
### II.1. Objectif du traitement de l'eau :

Le traitement permet l'élimination partielle ou totale des éléments polluants présents dans l'eau brute (indésirables, toxiques) et ramener l'eau aux normes de qualité.

### II.2. Présentation de la chaîne de traitement :

L'oued Kramis est un cours d'eau situé dans la wilaya de Mostaganem, en Algérie. Il est connu pour son rôle important dans l'alimentation en eau potable et l'irrigation des terres agricoles de la région, est une infrastructure importante pour l'agriculture locale dans la wilaya de Mostaganem. Il est destiné à irriguer le périmètre d'Achaacha, qui couvre une superficie de 4300 ha, avec un volume affecté de  $10 \text{ hm}^3$ . Cet ouvrage renforce également l'AEP de la zone de « Dahra », qui comprend les communes de sidi Lakhdar, Nekmaria, Ouled Boughalem et Achaacha.

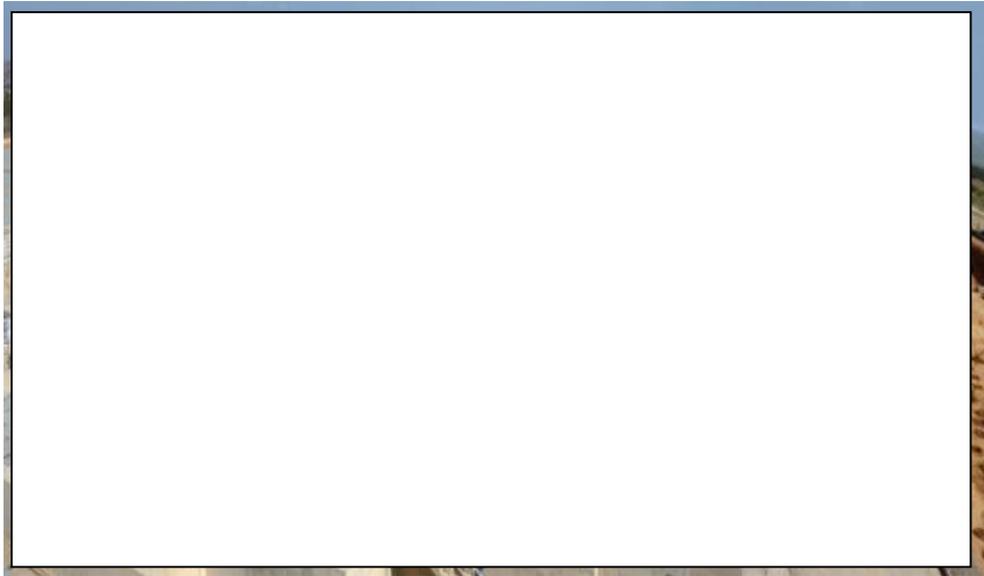
L'eau provenant du barrage par gravité suit la filière de traitement suivante :



*Figure II .1 : Système d'alimentation en eau potable de la zone est de la wilaya de Mostaganem.*

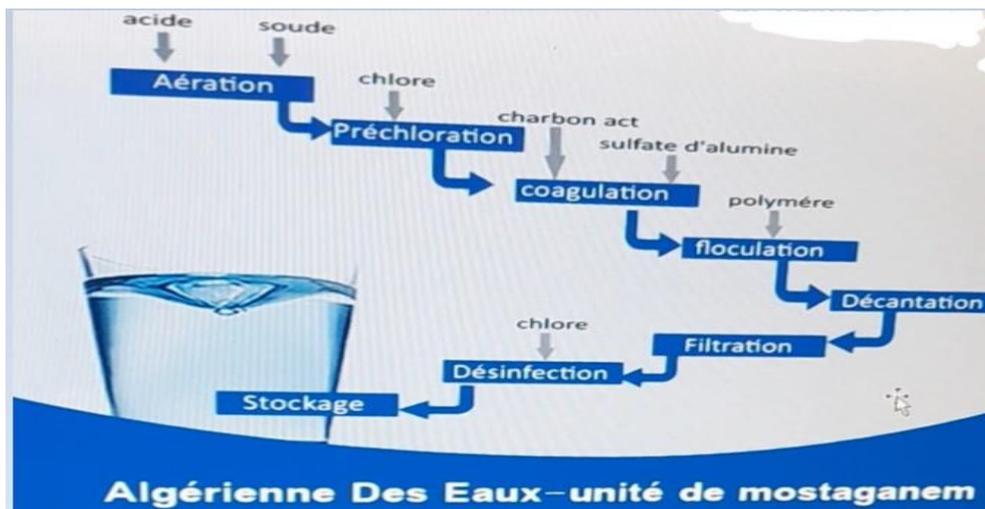
La station de traitement du barrage de Kramis alimente en eau potable la région de Dahra, avec une production moyenne de  $130\,000$  à  $150\,000 \text{ m}^3/\text{jour}$ . Actuellement, la population de la zone du Dahra compte plus de  $200\,000$  habitants est alimentée par cette station de traitement du système Kramis. Le barrage de Kramis est l'une des deux

ressources principales pour l'alimentation en eau potable de la wilaya de Mostaganem, avec une production pouvant atteindre 28 000 m<sup>3</sup>/jour. Le reste de la wilaya est alimenté par le système de 180 000 à 200 000 m<sup>3</sup>/jour.



*Figure II.2 : Station de traitement Kramis.*

Le schéma général du procédé de traitement décrit la séquence des opérations unitaires dans le procédé, y compris le flux de matières, l'équipement principal, les boucles de contrôle et les conditions opératoires du procédé. Il permet une représentation visuelle pour comprendre les étapes de conception et d'industrialisation du processus. Ce schéma est essentiel pour transmettre les étapes impliquées dans les processus chimiques et physiques, contribuant ainsi à la conception et à la mise en œuvre efficace du processus.



*Figure II.3 : Procédé de traitement.*

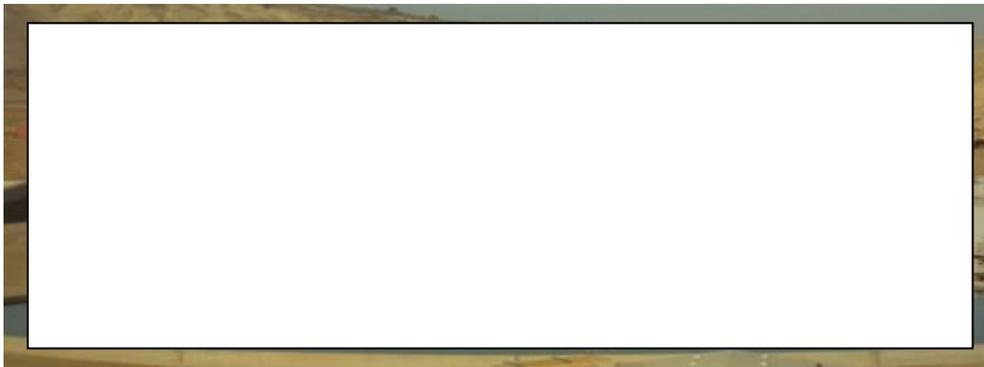
### II.3. Fonctionnement de la station :

Pour obtenir de l'eau potable, l'eau douce puisée doit subir un traitement définis par les normes de potabilité l'OMS. Elle doit être débarrassée des impuretés, des bactéries et de certains minéraux pour être potable. Ce traitement s'effectue en plusieurs étapes qui sont : L'eau du barrage est prétraitée dans le débourbeur pour éliminer les grosse matières et matières en suspension. Elle passe par plusieurs étapes :

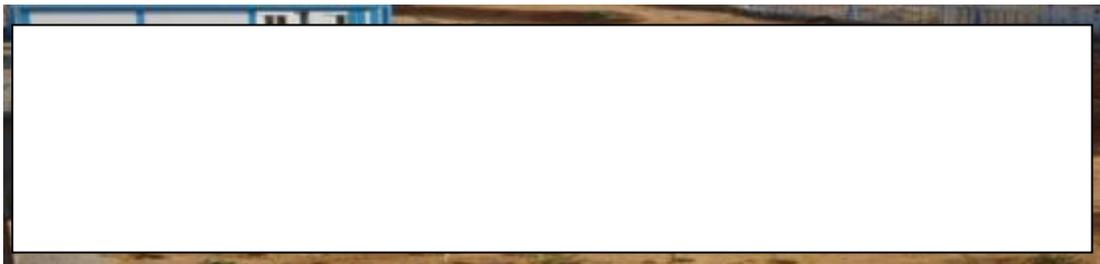
### **II.3.1. Le Débourbeur :**

Il sépare et stock les matières lourdes (sable, gravier, boues, etc.) pour abaisser le taux de MES a un niveau compatible avec le fonctionnement des décanteurs et du séparateur à graisses et d'hydrocarbure positionnés en amont. L'installation comprend 8 débourbeurs, 7 en marche et 1 à l'arrêt pour servir en cas de besoin. Son diamètre est de 50 m pour une surface unitaire de 1962,5 m<sup>2</sup>. Son volume est de 8400 m<sup>3</sup> (3).

- **L'Ouvrage d'entrée d'eau brute :** C'est l'endroit où l'eau brute est collectée avant d'être acheminé vers la station



*Figure II.4 : Débourbeurs*



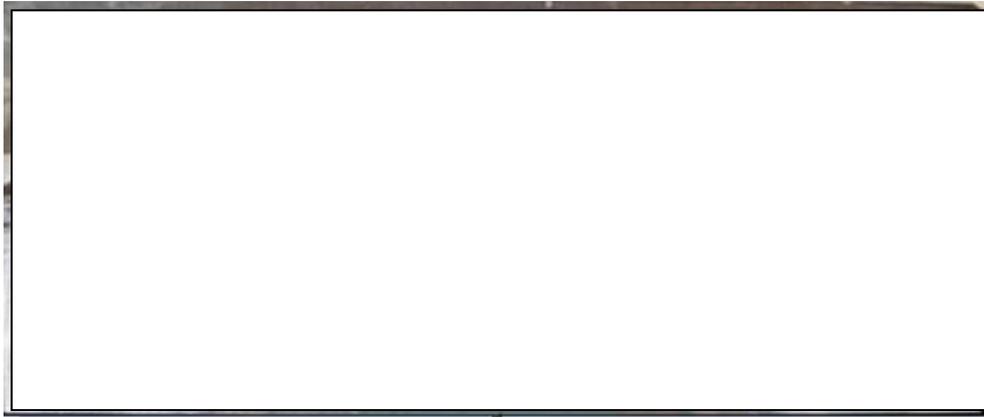
*Figure II.5 : Ouvrage d'entrée d'eau brute*

- **La chambre d'arrivée :** La tuyauterie de la chambre d'arrivée d'eau brute est équipée d'un débitmètre électromagnétique DN 2000 d'une précision de 1%.

### **II.3.2. L'aération :**

Le but de l'aération est d'augmenter le taux de saturation en oxygène des eaux stockés des barrages, tout en éliminant les gaz dissous tels que l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S), le bioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, et élimine les gaz en excès. Elle provoque l'oxydation du fer

et du manganèse et enrichit l'eau en oxygène. L'opération peut être réalisée avec de l'air sur-pressé ou par simple écoulement à travers des cascades ; L'eau brute venant du barrage passe à travers une cascade d'aération pour traiter le déficit en oxygène.

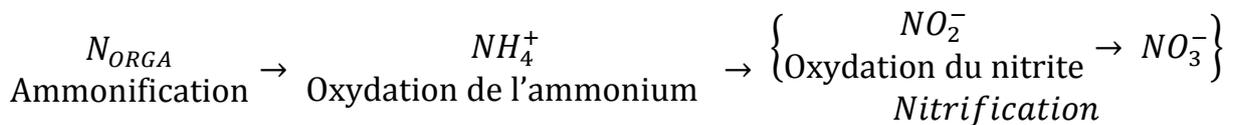


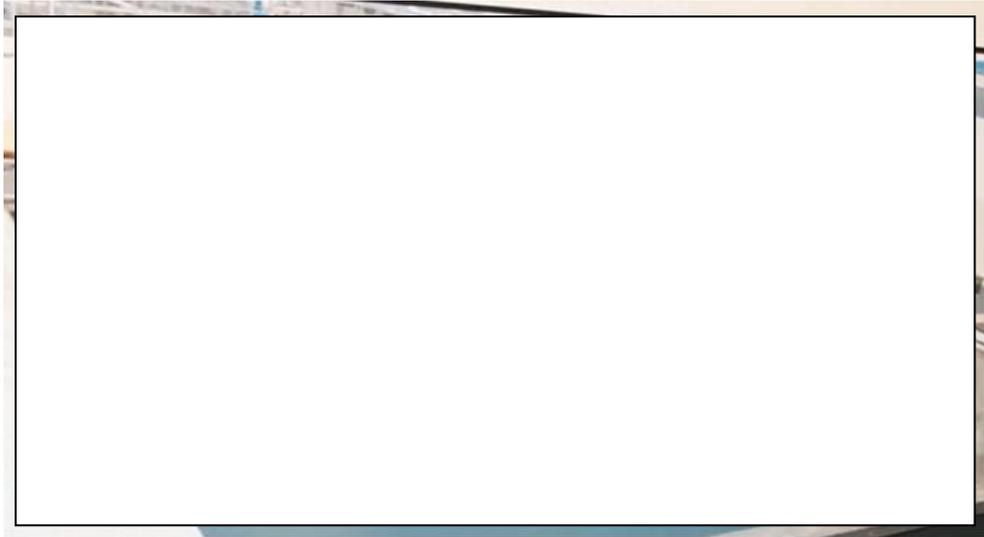
*Figure II.6 : Cascade d'Aération*

### II.3.3 : préchloration

Injection du chlore sous forme d'hypochlorite de sodium ou de calcium afin d'assurer l'étape oxydative. Les chicanes permettent d'avoir un temps de contact adéquat avec le chlore injecté. Son but est l'oxydation de la matière organique présente dans l'eau brute avec des à base de chlore et avec élimination de l'azote ( $NH_4^+$  et  $NO_2^-$ ).

La minéralisation de la matière organique présente dans le sol est réalisée par des micro-organismes. L'azote minéral ainsi produit est ensuite transformée par des bactéries aérobies en nitrates. Cette transformation, appelée nitrification, comporte deux étapes : la nitrification qui produit des nitrates ( $NO_2^-$ ) et la nitrification qui transforme les nitrites en nitrates ( $NO_3^-$ ). Si les conditions de milieu le permettent, les nitrates seront utilisés par des bactéries anaérobies comme source d'énergie et transformés en azote gazeux, notons que les nitrates ( $NO_3^-$ ) peuvent également s'absorber et se fixer sur les argiles et humus. Les nitrates ( $NO_2^-$ ) sont les sels de l'acide nitreux.



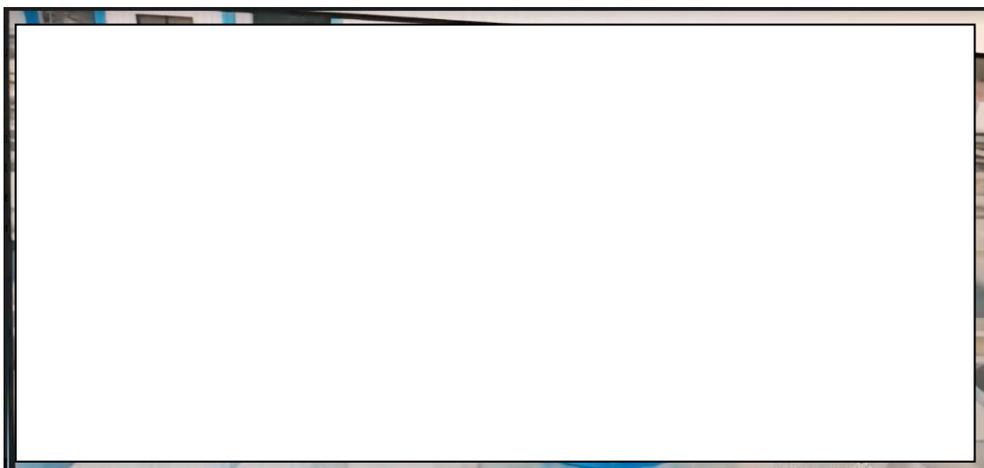


*Figure II.7 : Chicane de préchloration.*

### **II.3.4. Clarification**

La clarification regroupe les opérations suivantes :

- la coagulation
  - la floculation
  - la décantation ou flottation
  - la filtration :
- a) **La Coagulation** : La coagulation est un mécanisme permettant l'agglutination de différentes particules qui vont se transformer en bloc, appelé floc, plus ou moins compact. Ces particules sont toutes chargées négativement et, donc, se repoussent. Son but est de neutraliser les charges électriques des particules colloïdales afin de favoriser la formation d'agglomérats. Le coagulant injecté est le sulfate d'alumine  $Al_2(SO_4)_3$  à 30g/l. Cette réaction nécessite un brassage rapide pour faciliter ce contact.

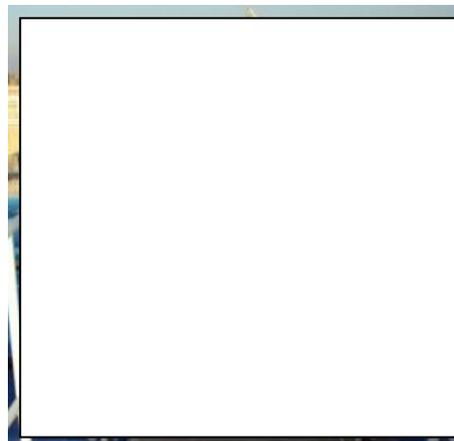


*Figure II.8 : Le système de coagulation*

b) **La Flocculation** : La flocculation est un processus principalement mécanique, visant à rassembler des amas de matières en suspensions, coagulé au préalable. La flocculation nécessite, en amont, une coagulation pour pouvoir fonctionner. Après la flocculation, on obtient la formation de grandes masses appelées floccs (amas de matières liées les uns aux autres). L'eau coagulée entre alors dans une seconde zone de réacteur avec un mélange intense au moyen d'un mélangeur lent et un flocculant (polymère) qui est injecté dans le réacteur avec des boues épaissies provenant de la zone de décantation/épaississement. A terme, ces floccs vont se changer en précipité et rejoindre le fond pour sédimenter. C'est ce procédé qu'on retrouve pour la filtration des particules dans les stations de traitement de l'eau. La boue circulée accélère le procédé de flocculation et assure la formation d'un flocc dense et homogène.

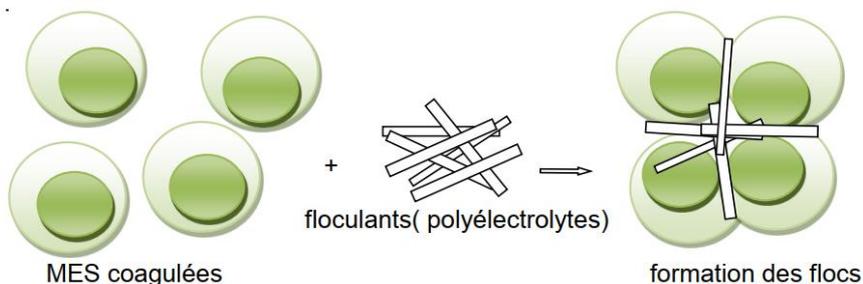


*Figure II.9 : Bassin de flocculation*



*Figure II.10 : Agitateur lent (flocculation)*

Le but principal de la flocculation est de faciliter l'agrégation de petites particules dans un liquide ou une solution afin de former des agrégats plus importants appelés floccs, et faciliter la séparation des solides et des liquides, ainsi que la purification de l'eau et d'autres liquides, il vise également à transformer des agrégats de particules de manière à pouvoir les retirer de l'eau plus facilement, en accélérant la sédimentation des particules. Le but de flocculation c'est la déstabilisation de la suspension colloïdale par la coagulation utilisant, en complément, des coagulants pour augmenter la vitesse de décantation. Après, le flocculant par son poids moléculaire élevé forme de larges agrégats facilement décantables.



*Figure II.11: barrière sédimentaire et formation de floccs*

Les doses des réactifs utilisés pour la coagulation- floculation sont déterminées au laboratoire au moyen du jar-Test.



*Figure II.12:* Jar-Test

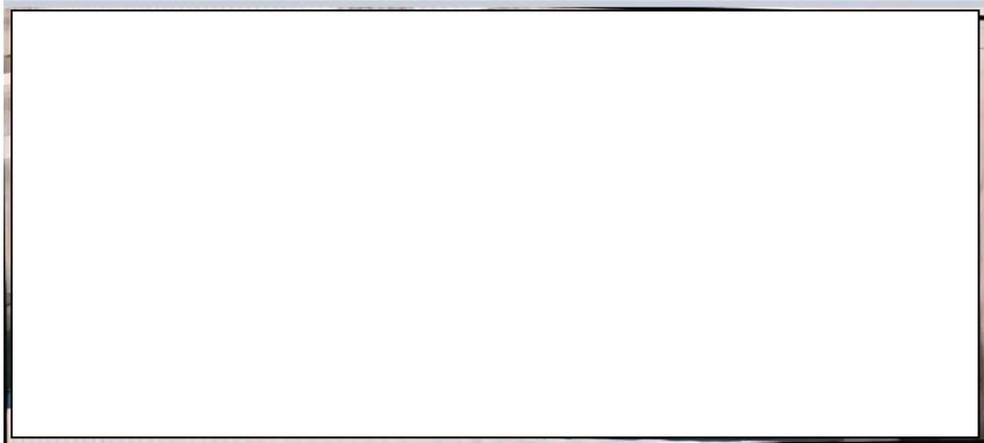
**c) La Décantation :** La décantation est un procédé physique, qui consiste à laisser déposer les particules dans le fond du bassin dont la densité de ces particules est supérieure à celle de l'eau.

Toute particule présente dans l'eau est soumise à deux forces : la force de la pesanteur qui est l'élément moteur, car elle permet la chute de la particule, et les forces de frottements qui s'opposent à ce mouvement.

Ces particules seront périodiquement éliminées du fond du bassin de décantation. L'eau clarifiée, se situant à la surface du décanteur, est ensuite redirigée vers un filtre. La vitesse de chute des particules est proportionnelle au diamètre et à la masse volumique de la particule. Le mélange d'eau brute et des coagulants-floculants sont introduits à la base du décanteur.

Il se trouve dans le décanteur du microsable qui « colle » aux floccs et leste. Ceux-ci tombent alors au fond du décanteur. L'eau décantée est évacuée par le haut de la cuve, mais elle doit auparavant traverser des modules lamellaires inclinés qui forcent la décantation des particules plus légères entraînées par le courant ascensionnel de l'eau au fond du décanteur. La boue est pompée en continu et envoyée vers un hydrocyclone (un appareil simple qui sépare la boue et le microsable) grâce à la force centrifuge. Elle permet d'éliminer environ 80% des matières en suspension. Le microsable est ensuite réinjecté dans le décanteur alors que les boues sont dirigées vers l'unité de traitement des boues [23].

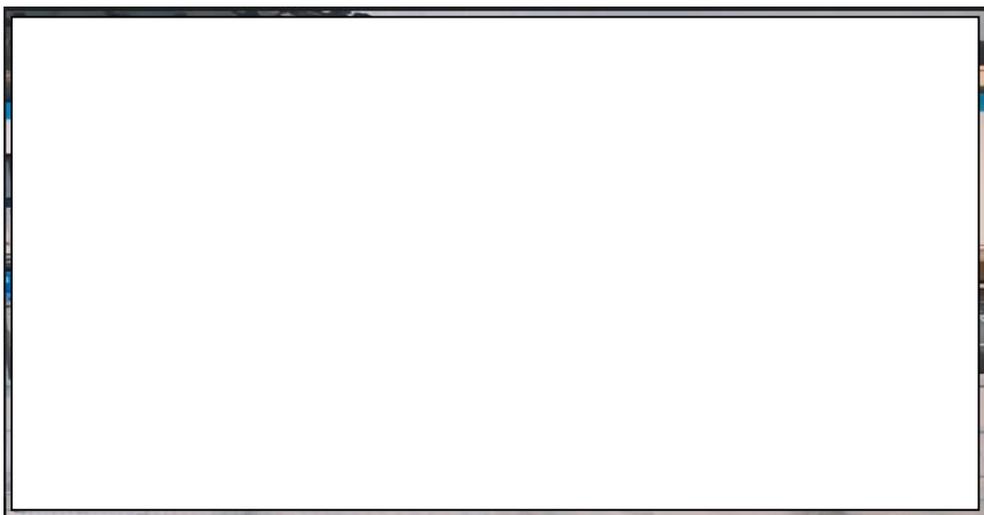
On utilise un décanteur à recirculation de boue avec du sable. Les matières coagulées s'agglutinent autour de chaque grain de sable. Elle joue un rôle de lest des matières coagulées ce qui accélère fortement la décantation (figure II.13)



*Figure II. 13 : Bassin de décantation.*

d) **La filtration par le sable :** La filtration par le sable est l'une des méthodes de traitement de l'eau les plus anciennes. Un filtre à sable est constitué par une couche de sable de qualité adéquate, à travers laquelle l'eau circule à vitesse relativement faible (figure II.14). Cette technique purifie l'eau à de trois manières différentes :

- ✓ La filtration permet d'intercepter les dernières particules visibles à l'œil nu de l'eau à traiter.
- ✓ Floculation pendant laquelle les substances se collent à la surface du sable et viennent grossir la taille de ce dernier.
- ✓ Assimilation par des micro-organismes qui se nourrissent des polluants de l'eau.



*Figure II.14 : Bassin de filtration.*

#### **II.3.4. Désinfection final (poste de chloration)**

La dernière étape du traitement est la désinfection.

L'eau filtrée reçoit un traitement de désinfection par le chlore gazeux, pour éliminer les bactéries et maintenir un taux de chlore résiduel de 0.5 mg/l durant la distribution.

### II.3.5. Système de dosage de produits chimique (traitement chimique)

C'est un ensemble d'équipements conçu pour injecter avec précision des produits chimiques dans un processus ou un flux de traitement. Ils sont couramment utilisés dans une large gamme d'industries, notamment (Tableau II.1) :

*Tableau II.1 : Le traitement chimique*

Eléments	Site d'injection	But
Acide sulfurique	Canal d'arrive d'eau brute	Ajuster de pH
Sulfate d'aluminium	Coagulation	Formation de coagulation
Charbon actif	Chambre de mélange	Contrôle des goûts et des odeurs
Soude	Sortie de cuve de contact	Ajustement de pH
Poly électrolyte	Chambre de floculation	Eliminer les fuites de turbidité.
Chlore	L'ouvrage d'entée - Filtration. - Réservoir	Préchloration - Traitement d'algue. - Désinfection

### II.3.6. Réservoir de stockage de l'eau traitée

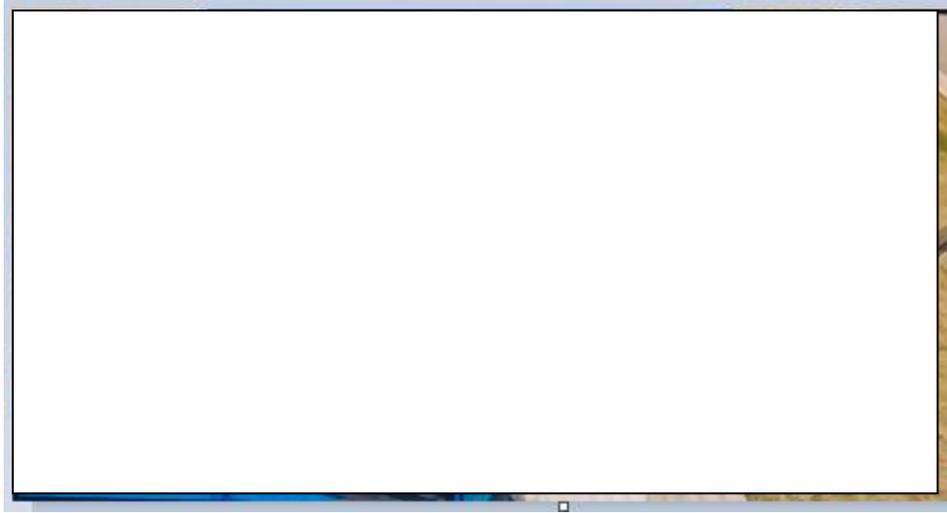
Après l'étape de filtration sur sable, l'eau gagne le site de stockage final de 12000 m<sup>3</sup> (2 réservoirs de 6000m<sup>3</sup>).

Le soude, le chlore gazeux Cl<sub>2</sub> ainsi que l'eau de javel (NaClO) sont injectés pour réaliser les réactions suivantes :

- Réaction du chlore gazeux :  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{Cl}^- + \text{H}^+$
- Réaction de l'eau de Javel :  $\text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

La dose du désinfectant à mettre en œuvre est déterminée par le control régulier au niveau des réservoirs.

L'objectif essentiel étant que l'eau contienne au point le plus éloigné de la production une concentration résiduelle de chlore allant de 0.2 à 0.6 mg/l.



*Figure II.14 : Stockage de l'eau potable.*



**Chapitre III**  
**Méthode et**  
**Matériel**

## Chapitre III : Matériels et Méthodes

### III.1. Algérienne des Eaux ADE

L'algérienne des eaux est un établissement public national à caractère commercial et industriel doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière sous la tutelle du ministère des ressources en eau. Elle a été créée à la suite de la réforme institutionnelle engagée par les pouvoirs publics pour assurer une gestion rationnelle des ressources en eau.

### III.2. Le laboratoire de l'ADE

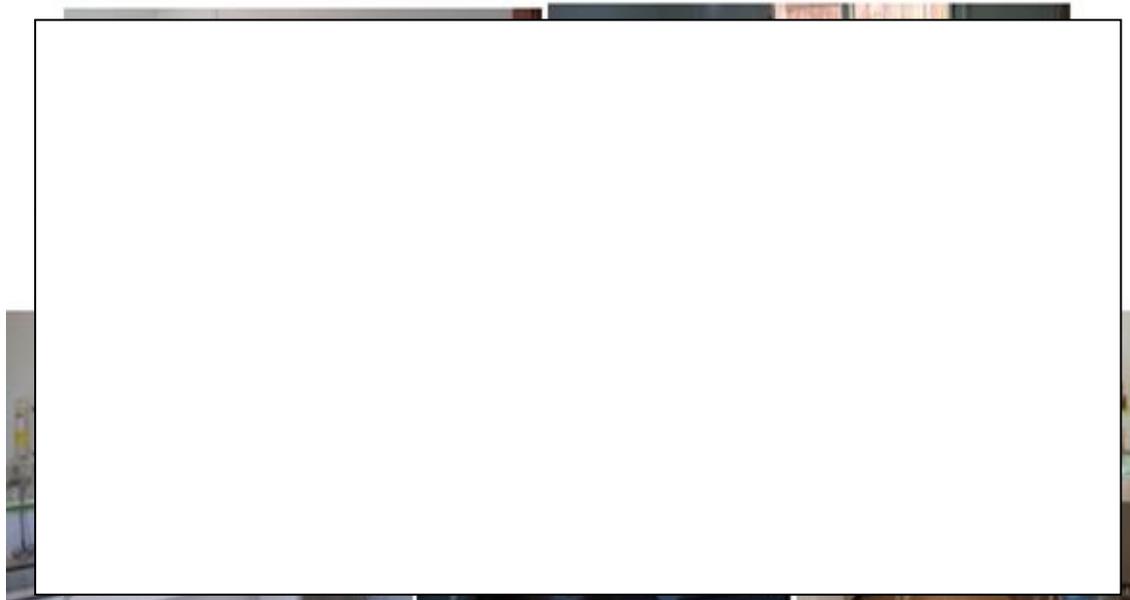
Les laboratoires de l'ADE jouent un rôle essentiel dans la préservation de la santé publique en garantissant la qualité de l'eau potable distribuée à travers le pays. Grâce à un réseau dense et à des équipements de pointe, l'ADE veille à ce que les citoyens algériens aient accès à une eau conforme aux normes.

Le service laboratoire ADE Mostaganem a été créé en 2005. Il a pour rôle de contrôler et d'assurer la qualité des eaux distribuées à la wilaya de Mostaganem et destinées à la consommation humaine.

Son activité principale est d'avertir et d'intervenir chaque fois que la qualité de l'eau est menacée, en plus d'assurer des prestations de service et d'établir des conventions d'analyses avec plusieurs organismes.

Des tests de chlore sont effectués systématiquement au niveau des stations de traitement ainsi qu'aux deux stations de pompage SP0 et SP1.

Le laboratoire de la station d'Oued Kramis est divisé en deux sales ; une pour les analyses physico-chimiques liées à la qualité d'eau et l'autre pour les analyses bactériologiques (figure III.1)



*Figure III.1 : Laboratoire d'analyse.*

### III.3. Paramètre physico-chimique et bactériologique

#### III.3.1. Analyse physico-chimique complet (A.P.C) :

Afin d'évaluer la qualité des trois eaux mentionnées dans le tableau, appartenant à Oued Kramis, différentes analyses physico-chimiques ont été mesurés au laboratoire de l'ADE et les résultats sont représentées dans le Tableau III.1:

*Tableau III.1 : Les résultats d'Analyses Physico-chimiques de l'eau d'Oued Kramis*

N°	Paramètre	Unités	Eau brute	Eau décantée	Eau traitée	Norme algérienne
01	Couleur	PTCO	230	3.4	00	15
02	Gout	Seuil	3	2	2	-
03	Température	C°	12.7	13.2	13.3	25
04	pH	-	7.49	7.38	7.32	6.5-8.5
05	Turbidité	NTU	1,55	4.8	1.2	5
06	Conductivité	µS/Cm	2450	2440	2430	2500
07	Chlore libre	Mg/l	-	0.32	1.2	-
08	Salinité	-	0.6	0.6	0.6	1
09	TDS	Mg/l	592	585	573	1000
10	O <sub>2</sub> dissous		7.55	7.62	7.68	<5
11	La dureté totale	F°	50	45	42	50
12	T calcium		37	35	33	75
13	T magnésium		13	10	09	-
14	Alcalinité simple		00	00	00	00
15	Alcalinité complète		14	13.8	13.2	65
16	Aluminium	Mg/l	0.03	/	0.088	0.2
17	Oxydabilité KMnO <sub>4</sub>		4	0.32	00	0.3
18	MES 105°)		700	300	200	-
19	Résidus sec 105°		900	500	500	2000
20	Ammonium		0.4	0.011	00	0.5
21	Nitrates		5.62	1.74	0.8	50
22	Nitrites		0.035	00	00	0.5
23	Phosphate		00	00	00	00
24	Sulfate		270	274	272	400
25	Chlorure		525	530	530	600
26	Fer		1.65	0.24	0.05	0.3
27	Manganèses		0.009	/	00	0.05
28	Potassium		15.8	7.2	6.12	12
29	Calcium	Mg/l CaCO <sub>3</sub>	148	140	132	200
30	Magnésium		31	24.3	22	150
31	Bicarbonate		171	168	161	-

Le tableau III.1 permet de voir les résultats suivants :

#### a) La Couleur

Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité. Les analyses des échantillons de l'eau brute, de l'eau traitée et de l'eau décantée sont incolores ce qui indique l'absence de pollution due à la couleur

#### **b) Le Gout**

L'eau traitée ne présente aucun gout étrange. Elle se comporte comme une eau au gout normal, ce qui signifie que le traitement a été bien conduit.

#### **c) Température**

La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels.

Les valeurs de température pour les trois échantillons, sont comprises entre 12.7 C° de l'eau brute et 13.2 C° de l'eau décantée et 13.3 C° de l'eau traitée (Tableau III.1). Ces valeurs restent dans la norme imposée par l'OMS ( $12^{\circ}\text{C} < \text{température} < 25^{\circ}\text{C}$ ) ce qui indique que la pollution due à la température est absente.

#### **d) Potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH mesure la concentration en ions hydronium ( $\text{H}^+$ ) de l'eau. Il traduit, ainsi, l'acidité ou la basicité de l'eau et dépend de la température et l'origine de l'eau. C'est une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau. Une eau est normale si le pH est compris entre 7.49 de l'eau brute et 7.38 de l'eau décantée et 7.32 de l'eau traitée.

#### **e) Turbidité**

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules en suspension organiques et/ou inorganiques qui la troublent. La concentration maximale admissible, fixée par l'OMS est de 5mg/l. Dans notre cas les valeurs obtenues, 1.55 pour l'eau brute, 4.8 pour l'eau décantée et 1.2 pour l'eau traitée, ne dépassent pas la norme de l'OMS (5 NTU), ce qui veut dire que l'eau n'est pas turbide.

#### **f) Conductivité électrique**

La conductivité de l'eau est fonction de la température. Elle sert à apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Elle devient importante lorsque la température augmente.

Les valeurs enregistrées pendant les analyses se situent entre 2450  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de l'eau brute et 2440  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de l'eau décantée et 2430  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de l'eau traitée (tableau III.1). Elles restent conformes à la norme de l'OMS qui fixe les concentrations maximales admissibles inférieures à 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### **g) Total des solides dissous (TDS)**

Le total des solides dissous (TDS) représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques.

Les résultats obtenus après l'analyse des eaux de consommation ont montré que le taux du TDS varie entre trois échantillons est 592 mg/l de l'eau brute et 585 mg/l de l'eau décantée et 573 mg/l de l'eau traitée (Tableau III.1), ce qui est conforme aux normes préconisées par l'OMS qui exige un taux inférieur à 1000 mg/l dans les eaux traitées par dessalement.

#### **h) Dureté calcique Tca**

Les résultats de la dureté calcique obtenus sont de 37 F° pour l'eau brute, 35 F° pour l'eau décantée et 33 F° pour l'eau traitée.

#### **i) Titre alcalimétrique complet TAC**

L'alcalinité correspond à la présence d'espèces basiques comme les ions (OH<sup>-</sup>), les ions carbonates (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) et les ions bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Les résultats du Tableau III.1 montrent que le titre alcalimétrique complet varie entre 14 F° et 13.2°F pour les trois types d'eau. Ces valeurs sont également conformes aux normes de l'OMS qui limitent le taux de titre alcalimétrique complet des eaux de consommation de 65°F

#### **j) Titre alcalimétrique simple TA**

Les résultats montrent des valeurs nulles pour ce paramètre et l'OMS ne mentionne aucune valeur pour ce paramètre pour l'eau potable.

#### **k) Résidus secs R.S**

Ce paramètre présente des valeurs convenables pour une eau de consommation humaine selon L'OMS. Les résultats des trois échantillons sont entre 900 et 500 pour les trois échantillons. Ces valeurs restent dans la norme imposée par l'OMS (<2000), ce qui indique l'absence de pollution due aux résidus secs.

#### **l) Chlorures (Cl<sup>-</sup>)**

Les chlorures sont très solubles dans l'eau, leurs éliminations sont difficiles et les méthodes classiques de traitement sont inefficaces. Les concentrations de chlorure dans l'eau peuvent augmenter pendant le traitement si on utilise du chlore pour la désinfection et des sels de chlore. Les eaux destinées à la consommation humaine doivent avoir une teneur en chlorure inférieur à 600 mg/l (norme OMS).

Nos résultats d'analyses montrent une teneur en chlorure de 525 Mg/l, 530 Mg/l et 530 Mg/l pour, respectivement, les échantillons d'eau brute, d'eau décantée et de l'eau traitée. Cette variation est due à l'étape de poste chloration qui enrichie également l'eau en chlorures.

#### **m) Ammonium (NH<sup>+4</sup>)**

Nos résultats d'analyses montrent une présence faible d'ammonium qui varie entre 0.4 Mg/l et 00 Mg/l pour les trois échantillons. Ces valeurs sont également conformes aux normes de l'OMS.

#### n) Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrites sont considérés comme des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique. Les résultats montrent des valeurs inférieures à la norme recommandée par l'OMS (0.5)

#### o) Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates transformés en nitrites provoquent la transformation de l'hémoglobine en « méthémoglobine » et causent un mauvais transfert d'oxygène vers les cellules. Cette pathologie peut affecter les nourrissons de moins de 6 mois. La norme de potabilité pour l'eau est fixée à 50 mg/l. Au-delà de 100 mg/l l'eau ne doit pas être consommée. Cependant les eaux traitées ne sont pas assujetties à un risque de pollution par les nitrates du fait que les valeurs enregistrées lors des analyses oscillent entre de 0.8 mg/l 1.74 mg/l. ils restent inférieures à la valeur admissible de la norme de l'OMS (50 mg/l).

#### p) Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

L'OMS recommande comme valeur de ce paramètre une valeur limite inférieure 400 mg/l, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (gout, corrosion). Leur teneur élevée dans l'eau de boisson entraîne des nuisances d'ordre organoleptiques et sanitaires et engendrent des troubles gastro-intestinaux.

La présence des sulfates résulte de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches.

Les valeurs trouvées varient entre 270 Mg/l et 274 Mg/l. Les teneurs élevées en sulfates dépendent généralement de l'étape de dosage de réduction du chlore par le bisulfite de sodium qui enrichie également cette eau en sulfate.

#### q) Phosphore

Nos résultats montrent une absence totale de la concentration de phosphore dans l'eau des échantillons étudiée.

#### r) Fer ( $\text{Fe}^{+2}$ )

Les concentrations en Fer des eaux traitées varient de 1.65 mg/l à 0.24Mg/l. Elles restent supérieures à la norme algérienne de potabilité de l'eau qui est de 0.3 mg/l.

#### s) Potassium ( $\text{K}^+$ )

Les sources les plus fréquentes de cet élément dans l'eau potable sont les systèmes de traitement qui utilisent du chlorure de potassium. Il s'agit d'un élément indispensable, en petites quantités, à tous les organismes vivants

La mesure des teneurs en potassium montre des valeurs comprise entre 15.8 Mg/l et 6.12 Mg/l. Elles normale par rapport au recommandation de l'OMS (15 mg/l).

#### t) Magnésium $\text{Mg}^{+2}$

Le magnésium est présent dans toutes les eaux naturelles. L'élément est indispensable, en petites quantités, à tous les organismes vivants. Le magnésium contribue de façon importante à la dureté de l'eau car une eau trop dure affecte le fonctionnement et la durée de vie du réseau de plomberie et des appareils ménagers.

Les valeurs enregistrées pendant les analyses se situent, pour les trois échantillons, entre 31 Mg/l et 22 Mg/l de l'eau traitée. Ces valeurs sont conformes à la norme de l'OMS, dont les concentrations maximales admissibles sont inférieures à 150 mg/l

#### u) Bicarbonate

Les résultats montrent des valeurs comprises entre trois échantillons est 171 Mg/l et 168 Mg/l. Aucune valeur n'est imposée par l'OMS.

### III.3.2 : Analyse bactériologique complet (A.B.C) :

Les résultats sont présentés au tableau III.2

*Tableau III.2: Résultats bactériologiques*

Paramètre	Méthode d'analyses	Eau brute	Eau décanté	Eau traité	CMA	V échantillon Température incubation
Streptocoques fécaux 37C°	Filtration sur membrane 0.45µm et BEA	/	/	/	0/100ml	100ml a 37C°
Coliforme totaux 37C°	Filtration sur membrane et tube multiple (VBL)	Indénombrable	01	00	0/100ml	100ml a 37C°
Escherichia coli 44C°	Filtration sur membrane et tube multiple (schubert)	Indénombrable	02	00	00/100ml	100ml a 44C°
Clostridium sulfitoreducter 37C°	Filtration sur membrane	00	00	00	00/100ml	100ml a 37C°
Germes totaux 37C°	Gélose nutritive	/	/	/	10/100ml	0.1ml a 37C°

**Clostridium sulfitoreducter** : les résultats montrent une absence totale de Clostridium dans les trois échantillons ce qui répond aux normes d'OMS et les normes Algériennes.

**Streptocoques fécaux** : ils sont totalement absents dans tous les échantillons ce qui est conforme aux normes de l'OMS et aux normes Algériennes.

**Escherichia coli** : les résultats montrent l'absence de E.C. coli dans l'eau.

**Coliformes totaux** : absence des coliformes totaux dans les.

**Germes totaux** : absence totale de germes totaux dans les trois échantillons.

**Remarque :** Les eaux traitées d'Oued Kramis présentent un aspect très clair, un goût agréable et sans aucune odeur.

### **III.4 : Jar-test :**

Le Jar-test c'est un équipement pour déterminer la quantité de coagulant et de floculant à injecter dans l'eau brute pour avoir une meilleure clarification. Dans une série de quatre (4) béchers de 500ml de capacité chacun, mettre de l'eau brute et ajouter des doses croissantes de coagulant et de floculant. Laisser décanter.

Après décantation, l'eau est filtrée et décantée sur un papier filtre.

Noter le pH, la valeur de turbidité en NTU, en respectant le temps et la vitesse de l'agitation.

Le choix se porte sur la plus petite dose de sulfate d'alumine et de poly-électrolyte qui donnent la meilleure décantation et la bonne filtration.

Pour cela il faut préparer les solutions suivantes :

#### **1) Préparation des solutions de réactifs :**

- **Solution (A) à 50 g/l :**

- Prendre 12.5 g de sulfate d'alumine et les transférer dans une éprouvette graduée de 250 ml
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'à atteindre 250ml

- **Solution (B) à 10 g/l :**

- Prélevez 50 ml de solution (A) à l'aide d'une pipette de 50 ml et ajoutez-la dans un tube de 500 ml.
- Continuez à ajouter de l'eau distillée jusqu'à atteindre 250 ml.
- Préparer une solution coagulante fraîche (du jour) à 10 g/l.

### **III.5 : Dosage**

#### **Détermination de la dose de coagulant (sulfate d'alumine 10g/l) :**

Le dosage est réalisé de la façon suivante :

- Prendre 6 béchers et y mettre de l'eau brute.
- Agiter à la vitesse de 150 tour/min et ajouter des doses croissantes de coagulant soit le sulfate d'alumine à 10g/l ou du chlorure ferrique à 10g/l.
- Trois minutes après, diminuer la vitesse d'agitation à 40t/min et arrêter le flocculateur après 17 min.
- Laisser décanter 15 min et évaluer avant la décantation la qualité des floccs.
- Faire une mesure de turbidité et prendre la dose de coagulant de faible turbidité.

Les résultats sont présentés au Tableau III.3.

**Tableau III.3: Les résultats de la dose de coagulant**

N° Béchers	V introduit ml (béchers 1litre)	Dosage sulfate d'alumine mg/l	Dosage sulfate d'alumine g/m <sup>3</sup>
01	1.00	10	10
02	1.50	15	15
03	2.00	20	20
04	2.50	25	25
05	3.00	30	30
06	4.00	40	40

**Remarque :** dans les 6 béchers, numérotés de 1 à 6, verser, successivement, 1 ml, 1.5 ml, 2ml, 2.5ml, 3ml et 4ml de solution de sulfate d'alumine

- Prélever 5 ou 6 litres d'eau brute dans une cuve.
- Bien agiter et verser 500 ml dans chaque bécher à 500 ml.
- Mettre ces béchers dans la flocculateur.
- Avec une pipette graduée, y transférer les volumes suivants de solution sulfate d'alumine 10 g/l, 1 ml, 1.5 ml, 2ml, 2.5ml, 3ml et 4ml
- Démarrer l'agitation la vitesse des agitateurs vers 120 tr/min pendant 2minutes
- Déclencher le chronomètre temps(t=0).
- Réglé la vitesse des agitateurs vers environ 45 tr/min. pondant 20 minutes
- Relever les pales des agitateurs respectant décalage de 15 à 30 s entre chaque bécher.
- Décantation 45 minutes et siphonage

#### **Analyse physico-chimiques :**

pH eau brute : test phénolphalène rose très clair (pH =8.17)

- Turbidité eau brute =14.5 NUT
- Al<sup>3+</sup> Résiduel =0.041 mg/l
- Conductivité eau brute =2470µs/cm

**Tableau III.4 : Analyses physico-chimiques avec le coagulant.**

N° Flacon 500 ml	pH	Turbidité NTU	Al <sup>3+</sup> mg/l résiduel	Conductivité µS/cm	Dosage sulfate d'alumine g/m <sup>3</sup>
01	8.09	3.35	0.0060	2480	10
02	7.89	2.92	0.0080	2460	15
03	7.75	1.05	0.1100	2440	20
04	7.67	0.95	0.0094	2430	25
05	7.58	4.22	0.2500	2550	30
06	7.42	4.31	0.3400	3010	40

**Remarque :** les béchers 1 et 2 présentent de minuscules petits points, le bécher 3 de flocs moyens, les béchers 4 et 5 des flocs bien formés et le bécher 6 de très grands flocs.

- Le choix se porte sur la plus petite dose de sulfate d'alumine (bécher N°04, dose 25 mg/l) qui donne la meilleure décantation et une bonne filtration.

### 1) Détermination de la dose de flocculant :

#### ◆ Préparation poly-électrolyte : 1g/l (solution A)

- Peser 0.25 g de poly-électrolyte poudre, dans une éprouvette de 250 ml
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'à ce que le liquide atteigne le niveau de 250 ml

#### ◆ Solution fille à 50 mg/l (solution B)

La solution fille de flocculant est préparée également le jour même de l'essai à une concentration de 50mg/l

- Dissoudre 0.5g de flocculant dans 100 ml d'eau distillée, en agitant constamment.
- Prélever 1ml de cette solution (A) à la pipette et l'injecter dans une fiole de 100ml et compléter avec l'eau distillée.
- Fixer la dose de coagulant à 10 mg/l.
- Déclencher le chronomètre (t=0)
- Démarrer l'agitation à la vitesse de 180 tr/min pendant 90 secondes
- Arrêter l'agitation, injecter le flocculant très rapidement et de manière reproductible dans chaque bécher. (Une différence de 0.025mg/l entre chaque bécher...)
- Redémarrer l'agitation (180tr/min) pendant 30secondes.
- Réduire la vitesse à 40tr/min pendant 20 minutes.
- Relever les pales des agitateurs respectant décalage de 15 à 30s entre chaque bécher.
- Décantation à 45 minutes et siphonage
- Homogénéiser chaque échantillon d'eau siphonné et procéder aux analyses.

**Remarque :** dans les béchers à 500ml, transférer les volumes suivants en ml de solution polymère 50 mg/l : 0.125 mg/l, 0.150 mg/l, 0.200 mg/l, 0.25 mg/l

**Tableau III.5: Détermination de la dose de flocculant.**

N° béchers	V introduit ml (béchers 1litre)	V introduit ml (béchers 0.5litre)	Dosage polymère mg/l	Dosage sulfate d'alumine g/m <sup>3</sup>
01	2.5	1.25	0.125	25
02	3.0	1.50	0.150	25
03	4.0	2.00	0.200	25
04	5.0	2.50	0.250	25

### Exemple 1 :

- $1000 \times 0.15 \text{ mg} / 50 \text{ mg} = 3 \text{ ml}$
- $500 \times 0.15 / 50 = 1.5 \text{ ml}$

**Tableau III.6 :** Les analyses physico-chimiques dans le floculant.

N° flacon 500ml	Turbidité NTU	Dosage polymère mg/l	Dosage sulfate d'alumine g/m <sup>3</sup>
01	2.11	0.125	25
02	1.05	0.150	25
03	<b>0.52</b>	<b>0.200</b>	25
04	1.48	0.250	25

**Remarque :** 1 et 2 petite minuscules points dans le bécher 1 et 2, des floes au bécher 3 et de très grande floe bécher 4.

On a choisi le 3<sup>ème</sup> bécher (0.2 g/m<sup>3</sup>)

Le choix se porte sur la plus petite dose de sulfate d'alumine et de poly-électrolyte qui donne la meilleure décantation et une bonne filtration. Si le test est destinée à l'application, on opte pour la dose en coagulant et en floculant celle bécher 3 (25 mg/l sulfate d'alumine et **0.2 mg/l** polymère)

On choisit la dose la plus petite pour une question de la norme et d'économie.

### III.6 : Absorption de chlore (teste du break point) :

Si des quantités élevées de chlore sont injectées dans une eau brute relativement polluée par de la matière organique, on peut constater après un temps de contact de deux (2) heures que la quantité de chlore résiduel passe par un maximum (point M, chlore total résiduel) et décroît jusqu'à un point minimal (point m) avant décroître de nouveau régulièrement (chlore libre).

#### 1) Appareillage :

- 12 bouteilles de 125 ml avec bouchon.
- Pipette de 2 ml graduée en 1/10 e ml.
- 1 éprouvette de 100 ml.
- 1 éprouvette de 250 ml.
- 2 bouteilles noires de 1000 ml avec bouchon.

#### 2) Préparation de la solution de réactifs :

##### 2.1. Solutions (A) à 142 g/l :

La solution en stock de chlore à 142 g/l (solution Na Cl 45°) devra être diluée à 0.5 g/l de chlore avant que le test du break point soit réalisé.

Les solutions diluées sont préparées à partir d'eau potable qui ne contient pas de matière organique, ou à partir d'eau minérale non gazeuse.

- La solution en stock peut être conservée un mois dans une bouteille (noire) mise à l'abri de la lumière.
- L'hypochlorite de sodium qui est utilisé pour la détermination du (break point) doit être la solution commerciale utilisée dans l'usine.
- L'hydrochlorate de sodium est un liquide transparent qui contient entre 142 et 150 g/l (45° et 48°)

## 2.2. Solution (B) à 0.5 g/l :

- Transférer 0.7ml la solution (A) dans l'éprouvette de 250 ml.
- Ajouter de l'eau distillée jusqu'à 200 ml.
- Agiter avec soin pendant 4 à 5 min jusqu'au mélange parfait.

**Remarque :** Cette solution est préparée juste avant la détermination du (break point)

## 2) Détermination break point

- Prendre une série de 12 bouteilles de 125 ml.
- Y verser 100 ml d'eau brute.
- Y transférer les volumes de la solution d'hypochlorite à 05 g/l.

*Tableau III.7 : Résultats de l'injection de chlore.*

N° Bouteilles 125 ml	Chlore Injecté V ml	La dose de Cl mg/l
01	0.1	0.50
02	0.2	1.00
03	0.3	1.50
04	0.4	2.00
05	0.5	2.50
06	0.6	3.00
07	0.7	3.50
08	0.8	4.00
09	0.9	4.50
10	1.0	5.00
11	1.2	6.00
12	1.4	7.00

**Tableau III.8 : Résultats de dosage de la solution chlorée.**

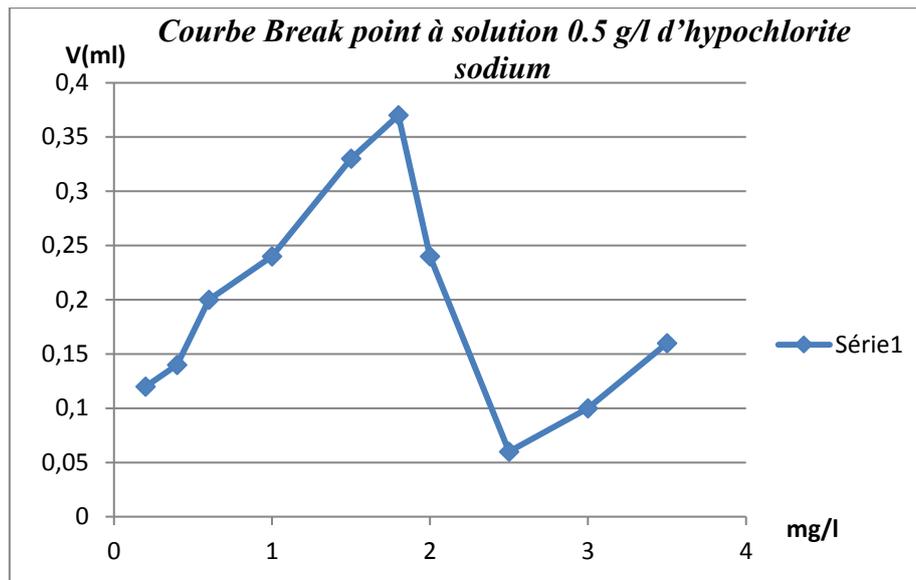
N° Bouteilles	V ml Chlore Injecté	Chlore Injecté en mg/l	Chlore total (m/g)	Chlore Actif en mg/l
01	0.04	0.20	0.12	0.2
02	0.08	0.40	0.14	0.4
03	0.12	0.60	0.20	0.60
04	0.20	1.00	0.24	1.00
05	0.30	1.50	0.33	1.5
06	0.36	1.80	0.37	1.80
07	0.40	2.00	0.24	2.00
08	<b>0.50</b>	<b>2.50</b>	<b>0.06</b>	<b>2.50</b>
09	0.60	3.00	0.10	3.00
10	0.70	3.50	0.16	3.50

Le break point est (m) à l'intersection de ligne à (45) avec l'axe OC. Dans le cas présent il est à 2.00 mg/l

La dose de chlore total est de 0.36 mg/l

**Tableau III.9 : résultats du break point à solution**

Chlore injecté en mg/l	Volume injecté (ml)
0.2	0.12
0.4	0.14
0.6	0.20
1.0	0.24
1.5	0.33
1.8	0.37
2.0	0.24
2.5	0.06
3.0	0.10
3.5	0.16



La quantité totale de chlore à injecter est 2.50 mg/l

M (2.50-0.06)

Solution A	Solution B
C1=142	C2=0.5 g/l
V1= ??	V2=0.5 ml

La dose de chlore après chloration est de : 2.50 g/m<sup>3</sup>

**Réglage de la pompe :**

Dans une station de traitement OUED KRAMIS il y à deux ligne de production eau potable le débit pour chaque ligne Q=660 m<sup>3</sup>/h

La pompe d'injection du chlore a un débit maximal : Q=60 litre/h

\*la consommation de chlore pour chaque ligne est :  $\dot{Q} = 11.62 \text{ litre/h}$

## Conclusion générale

Le traitement et l'analyse de l'eau est un processus qui comprend un ensemble de tests et d'analyses physicochimiques qui purifient l'eau de toutes les impuretés, des gros matériaux au microscopique, afin de garantir l'accès à une eau consommable bénéfique pour la santé humaine dans le respect des normes sanitaires.

Les problématiques de l'eau sont la pollution, son degré de propreté, le contrôle de sa qualité et portabilité qui doivent se faire de l'amont (eau de surface) jusqu'à l'aval (au robinet), car elle peut aussi se dégrader durant son stockage et son passage dans les réseaux de distribution.

Au niveau de la station, on utilise le sulfate d'alumine comme agent de coagulation

Le travail expérimental s'est axée sur la variation de la quantité du coagulant et la variation du pH de l'eau avec, en plus, la variation du polymère nécessaire au traitement.

Tous les résultats obtenus ont été comparés à ceux du sulfate d'alumine et ont montré :

- a) Le chlore ferrique : le meilleur pourcentage de clarification est de 95,56% à 25 ppm de coagulant et à pH=6. Le pourcentage de clarification est 99,01% à la concentration du coagulant de 20 ppm et à pH=8.69
- b) Le sulfate ferreux : le meilleur pourcentage de clarification est de 68,95% à 15 ppm de coagulant et à pH=8 (eau brute de turbidité moyenne). Pour une eau brute de turbidité haute, le pourcentage de clarification est 94,74% à la concentration du coagulant de 20 ppm et à pH=6.

C'est ainsi que le chlorure ferrique devient le remplaçant idéal du sulfate d'alumine

Ce travail dégage un certain nombre de perspectives. Parmi elles :

- Etude de l'évolution de la conductivité.
- Etude biologique de l'eau traitée au chlorure ferrique.
- Etude technico économique pour la faisabilité du traitement au chlorure ferrique.

## Référence bibliographie :

[1]: SAHEB, MERUAM, 2014.contribution à l'étude de l'identification de quelques espèces algales des cours d'eau dans la région d'oued athmania=Mémoire de Master. Université de constantine: pollution des écosystèmes et écotoxicologie,41p.

[2] : AISSAOUI, AZZEDDINE, 2013.-Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hommaman Grouz de la région de oued Athmania par les activités agricoles :Mémoire de magister. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou : ecologie végétale appliqué et gestion de l'environnement,75p.

[3] : Technique de la gestion et de la distribution de l'eau ;édition(2009).

[4] : Millot claud.4. La molécule d'eau et la liaison hydrogène.

[5]: pro nost, j,pronot,R,De plat,I ,Malrieu,j.and Berland,j,2002.

Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation.

-Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, et des affaires rurales (FNDAE n°22 bis), document technique; France

[6] : Baumont, S, 2004 Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Ile-de-France.-Observatoire régional de santé d'Ile-de-France, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France , Ecole nationale supérieure agronomique de Toulouse (ENSAT), France.

[7] : Durin, B(2006): transfert, transport colloïdal de polluants métalliques-Application en assainissement routier ; these université de Nantes ; 395p ; disponible sur HAL : archives ouvertes.

[8] : Ells,j,b,chocat.B.Fujita,S,Marsalek,j,Rauch,w.(2004) :Urban Drainage :Multilingue glossary ;I W A publishing.

[9]: rejesek. (2002).analyses des eaux aspects réglementaires et technique. edution.scrénén.pp.(45-54),France.

[10]: F.Geannot,j-roby,<Technique du traitement de l'eau dans les bâtiments<bâtiments<3<sup>ème</sup> édition de paris 2009.

[11] : Fournier-Bidos v, Garnier –la place J.(1994),Etude bibliographique sur les échangeurs entre l'eau les matières en suspension et les sédiments des principaux radionucléides rejetés parles centrales nucléaires, rapport IPSN,SERE 94/73 ?CADARACH.

[12] : ISO,11923, 1997 Qualité de l'eau dosage des matières en suspension par filtration sur filtre en fibres de verre.

[13] :R ,Des.RDANS,le traitement des eaux ,édition de l'école polytechnique de Montréal.

[14] : **BAKALOWICZ.M** , Connaissance et gestion des ressources en eaux souterraines dans les régions karstiques, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée, Corse, 1999

[15] : Iver Duedall, Notes de cours océanographie, Florida, Institute of Technology.

[16] : Sables durcis et cimentés par les 1921 Infiltration (VIDAL DE LABL. Prince. Géogr. Humain).

[17] : Jean Cloude Boeglin. Propriétés des eaux naturelles. Technique de L'ingénieur traité environnement.

[18] : société DEGREMONT.Mémento Technique de l'eau. 2 volumes, 1<sup>er</sup> édition technique de l'eau

Et Documentation Lavoisier(1989)

[19] : STGG(L) et coll-chimie des milieux aquatique. 392 pages, Editions masson(1992).

[21] : CASTANYG ?, 1998 : principes et méthodes de l'hydrogéologie. Ed. dumod, pris.

[22] : Degrement. Mémento Technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, 1989.

[23] : FRANCOISLAURENT ? 2013.

[24] : HEVRI Gueree et civile gomella. 1982. Les eaux usées dans les agglomérations.

[25] : PESSONP, 1976 : la pollution des eaux continentales : incidence sur les biocénoses aquatiques éd. Gauthier-Villars Bordas, paris.

[26] : PESSONP, 1976 : la pollution des eaux continentales : incidence sur les biocénoses aquatiques éd. Gauthier-Villars. Bordas, pari.

[27] : Dégrément,(( Mémento technique de l'eau)), première édition(1952)

[28] : bordet,J. l'eau dans son environnement rural, édition lavoisier, TEC&DOC

[29] : GAUJOUSS., 1995 : la pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire 2<sup>ème</sup> éd. Technique et documentation de l'Ecole polytechnique de montréal. Lavoisier, paris

[30] : LOWE.A.A (1995)-Guide des solutions d'assainissement programme d'Assainissement du Littoral de l'Atlantique (PALA), saint-John, canada

[31] : FRANCK rejsek. 2002.Analyse des eaux usées Aspects réglementaire et technique centre régionale de documentation pédagogique d'aquitaine, Bordeaux

[32] : KOLLERE., 2009 : Traitement des pollutions industrielles : eau, air, déchets sols, boues. Boues. 2-éd. Dunod, paris

[33] : Manuel d'exploitation et d'entretien de la station de Kramis Mostaganem

