

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**MEMOIRE DU PROJET DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER**



جامعة 8 ماي 1945 قالمة
UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA

FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département : **GÉNIE DES PROCÉDES**

Filière : **Génie des procédés**

Option : **Génie Chimique**

**Theme : Analyse de la qualité de l'eau potable
distribuée à Guelma**

Présenté par :

Chouafa Nesrine & Munjovo Gilberto Mário

Sous la Direction de :

Pr. Lahiouel Yasmina

Dr. Beddief S.

Session : Juin 2022

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné tant de patience et de courage pour accomplir ce travail.

Nous remercions et nous exprimons notre respect à **Professeur Lahiouel Yasmina** qui a accepté de nous encadrer, diriger, et conseiller avec patience durant toute la période de réalisation de ce travail.

Remerciements particuliers également à Mme **Beddiaf S.** pour son aide et ses conseils.

À tout le personnel du département de génie des procédés, et plus particulièrement la promotion de génie chimique 2022. Nous remercions les membres du jury et aussi tous les membres du département de génie des procédés.

Sans oublier de remercier tout le personnel de la station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh surtout **Monsieur le chef de Laboratoire, Mme Baout Mebarka, Radia, Wahiba, Amel** et les autres, qui nous ont donné toutes les informations et nous ont fait découvrir le monde du traitement de l'eau.

DÉDICACE

Je rends grâce à (Dieu) de m'avoir donné le courage, la volonté
ainsi que la conscience d'avoir pu terminer mes études.

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

À mes très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de
prier pour moi.

À mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son
sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

À ma meilleure prof LAHIOUEL YASMINA

À mes frères : Yacine, Rida, Mourad, Ziad

À mes sœurs : Samya, Saida, Abir

À mon mari Djamel

À mes meilleurs amis : Hanene, Merieme, Bouchra, Nesrine

ET mes chers collègues

ET tous ceux qui m'ont aidée à accomplir ce modeste travail.

En fin, je remercie mon binôme, Munjovo Gilberto, qui a contribué à la réalisation de ce
modeste travail.

NESRINE



DÉDICACE

Tout d'abord, je remercie l'éternelle pour m'avoir donné le courage, la volonté et la persévérance, ainsi que la conscience d'avoir pu terminer mes études.

A mes chers parents pour tous les sacrifices consentis, pour leurs encouragements et leur soutien moral, et qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard, et m'ont soutenu et m'ont épaulé pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes chers soeurs Laura et Laurinda et mon beau-frère Vicente.

A mes frères Artur, Fernando, Samuel.

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

A mes chers amis : Lazaro Alvaro, Delcideo Nhatumbe, Moises Simbal, Manuel Simango, Inocencio Madlante, Raul Matola, Pedro Rafael, Eugenio Salatiel, Reinaldo Vilanculos, Celso Nuvunga, Marure Angelo, Santos Matavel.

Je tiens à remercier vivement Mme **Lahiouel Yasmina** mon encadreur, qui m'a fait l'honneur d'assurer la direction de ce travail et pour son soutien moral et ses encouragements.

Je remercie par ailleurs vivement, tous mes enseignants que ce soit du primaire, du secondaire et de l'enseignement supérieur. **Et** spécialement Mme Mebarka, Wahiba, Radia, et Amel. Malgré leurs multiples responsabilités et leurs temps précieux, elles n'ont pas hésité à m'aider sur le plan technique et moral. Mon stage parmi eux s'est déroulé dans une ambiance amicale et les discussions que j'ai eu avec elles ont été très fructueuses.

Je remercie aussi tous mes collègues de la spécialité Génie Chimique et Génie des Matériaux.

je remercie mon binôme, Chouafa Nesrine

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour ce projet soit possible, je suis sûr que même ces remerciements n'ont pas suffi à exprimer ma gratitude, merci, merci, mille fois merci.

Gilberto



Résumé

Ce travail de recherche et analyse s'est déroulé à la station de traitement des eaux de Hammam Debagh, Guelma avec l'objectif d'évaluer la qualité de l'eau du barrage de Hammam Debagh et de différentes sources grâce à des analyses physicochimiques et bactériologiques telles que (T°, pH, conductivité, turbidité, (TH), TA, TAC, Ca²⁺, mg²⁺, Cl⁻, (MES), (NO₂⁻), NH₄⁺, SO₄²⁻, PO₄³⁻, NO₃⁻, Fer, Al³⁺) à l'aide des méthodes électrochimiques, volumétriques et spectrométriques, ainsi que des paramètres bactériologiques (GT, CT, CF, E. Coli et SF) à l'aide d'une méthode de filtration sur membrane. Pour ce faire 4 station et 3 réservoirs ont été sélectionnés (Khella, Zone Industrielle, Cité Zendaoui, Cité 19 juin, R5 :1, SP3 : 2, Maouna 3) comme source d'échantillonnage. Les résultats des différentes analyses effectuées ont montré des teneurs des paramètres étudiés des eaux traitées pour la potabilité qui sont toujours inférieures aux valeurs maximales admissibles et sont conformes aux normes Algériennes.

A la lumière de cette étude nous pouvons confirmer que le procédé d'épuration des eaux de Hammam Debagh de différentes sources est efficace, les eaux ainsi traitées sont de bonne qualité et peuvent être consommées sans crainte.

Mots clés : eau brute, eau traitée, eau potable, analyse physico-chimique, analyse bactériologique.

ملخص

تم إجراء هذا البحث والتحليل في محطة معالجة مياه حمام دباغ بمدينة قالمة بهدف تقييم نوعية مياه سد حمام دباغ ومصادره المختلفة من خلال التحاليل الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية مثل (T°) ، الرقم الهيدروجيني، الموصلية، التعكر، (TH) ، TA ، TAC ، Ca^{2+} ، Cl^{-} ، mg^{2+} (MES) ، (NO_2^{-}) ، NH_4^{+} ، SO_4^{2-} ، PO_4^{3-} ، NO_3^{-} ، Iron ، Al^{3+} باستخدام الطرق الكهروكيميائية والحجمية والطيفية ، وكذلك المعلمات البكتريولوجية (GT) ، CT ، CF ، E. COLI و SF باستخدام طريقة الترشيح الغشائي وللقيام بذلك، تم اختيار 4 محطات و 3 خزانات) خيلا، المنطقة الصناعية، مدينة زنداوي، سيتي 19 جوين، 1، R5: 2، SP3: 2، معونة (3 كمصدر لأخذ العينات. وقد أظهرت نتائج مختلف التحليلات التي أجريت محتويات البارامترات التي تمت دراستها للمياه المعالجة من أجل الصالحة للشرب والتي تكون دائما أقل من القيم القصوى المسموح بها وتتوافق مع المعايير الجزائرية.

في ضوء هذه الدراسة يمكننا أن نؤكد أن عملية تنقية مياه حمام دباغ من مصادر مختلفة فعالة، فالمياه المعالجة على هذا النحو ذات نوعية جيدة ويمكن استهلاكها دون خوف.

الكلمات المفتاحية: المياه الخام، المياه المعالجة، مياه الشرب، التحليل الفيزيائي الكيميائي، التحليل البكتريولوجي.

Abstract

This research and analysis work took place at the Hammam Debagh water treatment plant, Guelma with the objective of evaluating the water quality of the Hammam Debagh dam and from different sources through physic-chemical and bacteriological analyses such as (T° , pH, conductivity, turbidity, (TH), TA, TAC, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^{-} , (MES), (NO_2^{-}), NH_4^{+} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^{-} , Iron, Al^{3+}) using electrochemical, volumetric and spectrometric methods, as well as bacteriological parameters (GT, CT, CF, E. Coli and SF) using a membrane filtration method. To do this, 4 stations and 3 tanks have been selected (Khella, Industrial Zone, Cité Zendaoui, Cité 19 juin, R5 :1, SP3: 2, Maouna 3) as a source of sampling. The results of the various analyses carried out have shown the contents of the parameters studied of the treated water for potability which are always below the maximum permissible values and comply with Algerian standards.

In the light of this study, we can confirm that the treatment process of Hammam Debagh water from different sources is effective, the water thus treated is of good quality and can be consumed without fear.

Keywords: raw water, treated water, drinking water, physic-chemical analysis, bacteriological analysis.

Liste des figures

Figure	Page
Figure I.1 : Procédé de Coagulation	1
Figure I.2 : Procédé de Flocculation	2
Figure I.3 : Bassin de décantation	2
Figure I.4 : Filtration sur sable	3
Figure I.5 : Le réservoir de stockage	3
Figure II.1 : pH-mètre	13
Figure II.2 : pH de l'eau pour le mois de mars	13
Figure II.3 : Température de l'eau pour le mois de mars	14
Figure II.4 : Conductimètre	15
Figure II.5 : Conductivité de l'eau pour le mois de mars	15
Figure II.6 : Turbidimètre	16
Figure II.7 : Turbidité de l'eau pour le mois de mars	16
Figure II.8 : Titre Hydrotimétrique de l'eau pour le mois de mars	17
Figure II.9 : TA pour le mois de mars	18
Figure II.10 : TAC pour le mois de mars	18
Figure II.11 : Calcium de l'eau étudiée pour le mois de mars	19
Figure II.12 : Magnésium de l'eau étudiée pour le mois de mars	20
Figure II.13 : Chlorure de l'eau étudiée pour le mois de mars	21
Figure II.14 : Dispositif de filtration sous vide	22
Figure II.15 : Matière en suspension de l'eau d'étude pour le mois de mars	22
Figure II.16 : Nitrites de l'eau étudiée pour le mois de mars	23
Figure II.17 : Dosage du Nitrite et Ammonium	24
Figure II.18 : Ammonium de l'eau d'étudiée pour le mois de mars	24
Figure II.19 : Dosage des Sulfate	24
Figure II.20 : Sulfate de l'eau étudiée pour le mois de mars	25
Figure II.21 : Dosage du Phosphate	25
Figure II.22 : Phosphate de l'eau étudiée pour le mois de mars	26
Figure II.23 : Dosage du Nitrates	27
Figure II.24 : Nitrates de l'eau étudiée pour le mois de mars	27
Figure II.25 : Dosage du Fer	28
Figure II.26 : Fer de l'eau étudiée pour le mois de mars	29
Figure II.27 : Dosage d'Aluminium	29
Figure II.28 : Spectrophotométrie originale	29
Figure II.29 : Aluminium de l'eau pour le mois de mars	29
Figure II.30 : Les paramètres des pollutions	30
Figure II.31 : Paramètres physico-chimique de différentes sources	32
Figure II.32 : Jar-test	34

Liste des tableaux

Tableau	Page
Tableau I.1 : classe de turbidité usuels (NTU, nephelometric turbidity unit)	6
Tableau I.2 : classification des eaux d'après leur pH	6
Tableau I.3 : rapport entre la conductivité et la minéralisation	7
Tableau II.1 : les 8 facteurs influençant la coagulation/floculation	34

Liste des Abréviations

λ : Longueur d'onde.

ASR : Analyse anaérobies sulfito-réducteurs.

$C_2H_4O_2S$: Acide thioglycolique.

$C_2H_8O_6$: Acide ascorbique.

Ca^{2+} : Ion calcium.

C_F : Coliformes fécaux.

Cl^- : Ion chlorure.

C_T : Coliformes totaux.

E : Echantillon.

EB : Eau brute.

EDTA : Acide éthylène diamine tétra acétique.

ET : Eau traitée

Fe : fer

$Fe(OH)_3$: Hydroxyde de fer III

Fe^{2+} : Ions ferreux

Fe^{3+} : Ions ferrique

g : Gramme

GT : Germes totaux

H^+ : Ion d'hydrogène

H_2SO_4 : acide sulfurique

HCO_3^- : Bicarbonates

MES : Matière en suspension

mg^{2+} : Ion magnésium

N : Normalité

NaOH : Hydroxyde de Sodium

NH_3^+ : Ions ammoniac

NH_4^+ : Ions ammonium

NH_4OH : Ammoniaque

NO_2^- : Nitrite

NO_3^- : Nitrate

NTU : Nephelometric turbidity unit

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

OH⁻ : Hydroxyde

OMS : Organisation Mondiale de la Sante

P₁ : poids de membrane avant filtration

P₂ : Poids de membrane après filtration

pH : Potentiel d'hydrogène

SO₄²⁻ : sulfate

Sp3 : Station de pompage 3

TA : Titre alcalimétrique simple

TAC : Titre alcalimétrique complet

TDS : Solide dissous totaux

TDS: Solide dissous totaux

TGEA : Tryptone Glucose Extract agar

TH : Titre hydrométrique

TTC : Chlorure de Triphényltérazolium

UV : Ultra Violet

V_{Ca²⁺} : volume titré de calcium

V_{EDTA} : volume titré d'acide éthylène diamine tétra acétique.

V_{Mg²⁺} : volume titré de magnésium

V_{titré} : volume titré

SOMMAIRE

Remerciments

Dédicaces

Résumés

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : les procédés de traitement de l'eau potable	
I.1 Introduction	2
I .2 le traitement des eaux	2
I .2.1 le traitement physico-chimique	2
I .2.2 Prétraitement	4
I .3 Les paramètres de qualité des eaux	5
I .3.1 Qualité organoleptique	5
I .3.2 Qualité physico-chimique	5
I .4 Paramètres bactériologiques	10
I .4.1 Les coliformes thermotolérants	10
I .4.1.1 Escherichia coli	11
I .4.2 Les streptocoques	11
I .4.3 Les coliformes totaux	11
I .4.4 Clostridium sulfito-réducteurs	11
I .4.5 Les bactéries revivifiables	11
Chapitre II : Les méthodes et Résultats	
II.1 Description de la station	12
II.2 Les analyses physico-chimique	12
II.2.1 Mesure du pH	12

II.2.2 Mesure de température	13
II.2.3 Mesure de la conductivité	14
II.2.4 Mesure de la turbidité	15
II.2.5 Mesure du titre hydrotimétrique	16
II.2.6 Titre alcalométrique simple et complexe	17
II.2.7 Détermination de calcium	18
II.2.8 Dosage de magnésium	19
II.2.9 Dosage de chlorure	20
II.2.10 La matière en suspension	21
II.2.11 Dosage des ions nitrites par méthodes spectrométrique	22
II.2.12 Dosage de l'Ammonium par la méthode spectrométrique	23
II.2.13 Dosage des sulfates	24
II.2.14 Détermination des phosphates par la méthode spectrométrique	25
II.2.15 Dosage des nitrates par la méthode spectrométrique	26
II.2.16 Détermination du fer	27
II.2.17 Dosage d'Aluminium	28
II.2.18 Les Résultats des réservoirs (R5,SP3,Maouna)	29
II.2.19 Les résultats des paramètres physico-chimique des différents source.....	30
II.2.20 jar test	33
II.3 Analyse bactériologique.....	34
II.3.1 Recherche des germes totaux	35
II.3.2 Recherche des coliformes totaux et fécaux	35
II.3.3 Recherche des streptocoques fécaux	36
II.3.4 Recherche des analyses anaérobies sulfito-réducteur (ASR)	36
Conclusion	38
Références bibliographique	39
Annexes	41

INTRODUCTION

Introduction

L'eau est l'élément essentiel de la vie, elle représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants. Les ressources naturelles en eau sont constituées d'eaux souterraines et superficielles. Elles sont prélevées pour être destinées à la consommation humaine, l'agriculture ou l'industrie. Ces eaux sont susceptibles de contenir des substances diverses de nature physico-chimique (sels minéraux, matières en suspension, micropolluants, organiques et minéraux) et de nature biologique (bactéries, virus, parasites, ...).

Certains de ces éléments peuvent non seulement dégrader la qualité organoleptique de ces eaux mais aussi créer des problèmes de santé publique. Il est donc indispensable de caractériser précisément la composition de ces eaux pour cerner les paramètres à corriger et prévoir le traitement adéquat. Afin de garantir la potabilité de l'eau, différentes étapes de traitement peuvent être nécessaires.

Une eau potable est une eau destinée à la consommation humaine et peut être bue toute une vie sans risque, Par conséquent en fonction des caractéristiques de l'eau brute destinée à la production de l'eau potable, elle peut contenir des éléments minéraux en solution qui sont indispensable au bon goût, et contenir des micro-organismes dans la mesure où ils ne représentent aucun risque à la santé du consommateur. Pour assurer le bon fonctionnement du traitement et que l'eau traitée réponde aux normes, elle doit subir une chaîne d'analyses physico-chimiques et bactériologiques avant, après et au cours du traitement.

L'objectif de ce travail consistait à déterminer la qualité de l'eau brute et traitée du barrage Hammam Debagh fournie à la population de la wilaya de Guelma afin de vérifier la potabilité de cette eau. Pour réaliser cette étude nous avons effectué un stage pratique au sein du laboratoire de la même station et au laboratoire pédagogique du département, où nous avons effectué les analyses sur des prélèvements effectués au niveau de quelques réservoirs et dans quelques quartiers de la ville de Guelma. Nous avons pu tester les échantillons prélevés sur la base de quelques paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau brute et l'eau traitée.

Pour répondre à cette question, nous allons présenter notre mémoire qui comporte : La première partie réservée à la partie théorique qui résume les **procédés de traitement de l'eau**.

La deuxième partie expérimentale comporte :

- Les diverses méthodes d'analyse physico-chimiques et bactériologiques utilisées.
- Les résultats et interprétations des résultats.

Enfin une conclusion clôture ce mémoire.

Partie théorique

Chapitre I : les procédés de traitement de l'eau

I.1 Introduction

Les procédés de traitement à utiliser dans des cas particuliers doivent tenir compte de la qualité, de la nature et de la source d’approvisionnement en eau. L’objectif fondamental du traitement de l’eau est de protéger les consommateurs des microorganismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé [1,2]. Lorsque la source d’eau est contaminée, il est particulièrement important d’instituer un traitement qui oppose des barrières multiples à la diffusion des organismes pathogènes de façon à assurer un degré élevé de protection. Le concept de barrières multiples peut être adapté au traitement des eaux de surface [3,4]. Dans ce cas les étapes pourraient être les suivantes :

I.2 Le traitement des eaux :

Les procédés de traitement d’eau de surface comportent en général dans l’ordre chronologique, les étapes suivantes :

I.2.1 Le traitement physicochimique :

I.2.1.1 La coagulation :

C’est une opération qui consiste à ajouter des produits chimiques (*sulfate d’aluminium, chlorure ferrique, sulfate ferrique*) pour déstabiliser les colloïdes et les particules fines en suspension.



Figure I.1 : Procédé de Coagulation

I.2.1.2 La Flocculation :

La flocculation est une opération complémentaire à la coagulation et consiste en un grossissement des floccs formés par l’aluminium sous l’influence d’une agitation. Elle peut être améliorée par l’ajout d’un autre réactif.

Les flocculants ont une action inter particulaire par pontage des micros floccs issus de l’étape de coagulation.



Figure I.2 : Procédé de Flocculation

I.2.1.3 Décantation :

Ce sont des procédés physiques intervenant après la coagulation-floculation. C'est la phase de séparation gravitaire des matières insolubles dans l'eau et vise à éliminer les floccs issus de la coagulation floculation.



Figure I.3 : Bassin de décantation

I.2.1.4 Filtration sur sable :

C'est un procédé qui permet la séparation solide-liquide au travers d'un support poreux (le sable). L'eau est envoyée dans des bassins à travers des couches de sable et de gravier à travers des charbons actifs ou à travers une membrane, elle permet L'élimination du floc résiduel ainsi que des matières organiques absorbées à la surface du floc.



Figure I.4 : Filtration sur sable

I.2.1.5 Désinfection :

Hormis la désinfection par les UV laquelle reste très peu utilisée, le principe de la désinfection repose sur l'oxydation. La désinfection de l'eau signifie l'élimination des microorganismes.

I.2.1.6 Le Stockage :

L'opération de stockage consiste à conserver l'eau pendant un certain temps dans un grand réservoir.



Figure I.5 : Le réservoir de stockage

I.2.2 Prétraitement :

Comprend les étapes suivantes (*dégrillage, tamisage, pré chloration*). Leur rôle est de soulager le traitement.

I.2.2.1 le dégrillage :

Le dégrillage est la première étape d'une filière de traitement, et permet d'éliminer les grosses particules susceptibles d'endommager l'installation de traitement.

I.2.2.2 Le tamisage :

Après une éventuelle étape de dégrillage, l'eau traverse un tamis constitué de mailles fines, qui permet de retenir des débris animaux et végétaux, les insectes, les herbes et les algues.

I.2.2.3 Pré-chloration (peroxydation) :

L'oxydation porte sur l'élimination *du fer et manganèse, l'élimination de l'azote ammoniacal, l'élimination de la couler et des algues.*

Les différents oxydants les plus utilisés sont le chlore et ses dérivés et l'ozone.

I.3 Les paramètres de qualité des eaux :

I.3.1 Qualité organoleptique :

Il s'agit de la **saveur**, de la **couleur**, de l'**odeur** et de la **transparence de l'eau**. ces paramètres n'ont pas de signification sanitaire mais par leur dégradation, ils peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution [5].

I.3.2 Qualité physico-chimique :

I.3.2.1 Les nitrates et nitrites :

La contamination des sources d'eau potable par les nitrates et nitrites est de plus ou plus fréquente à cause de leur stabilité dans l'environnement, ils vont contaminer facilement les cours d'eau et les nappes souterraines. La cause majeure de cette contamination est l'utilisation intensive d'engrais chimiques dans l'agriculture [6]. Et l'infiltration de rejets d'assainissement domestique peut aussi causer la méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu), et possible cancérogène pour l'être humain.

I.3.2.2 Ammonium

L'azote ammoniacal se trouve sous la forme toxique NH_3^+ . Sa présence dans les eaux explique un processus de dégradation incomplète de la matière organique NH_4^+ , l'azote ammoniacal se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation. L'ammoniaque présente l'inconvénient de nécessiter une augmentation de la consommation en chlore lors de la désinfection [7].

Certaines eaux profondes peuvent être riches en azote ammoniacal sans être pour cela nécessairement des eaux polluées. Dans ce cas, l'ammonium (NH_4^+) peut provenir de dénitrification biochimique due aux micro-organismes rédacteurs.

Par contre, si l'ammonium est trouvé dans une eau de surface (rivière ou lac) ou dans une eau d'origine souterraine peu profonde, son origine doit être recherchée [8].

I.3.2.3 Phosphate

Les fortes concentrations en phosphate indiquent un enrichissement d'origine domestique et agricole, ainsi que des apports directs de l'activité industrielle. Les phosphates sont considérés comme le principal responsable du phénomène d'eutrophisation des eaux de surface [8].

I.3.2.4 Fer

Le fer et le manganèse sont des éléments métalliques que l'on trouve en abondance dans la nature. L'eau, en s'infiltrant à travers le sol et les roches, dissout ces éléments et, de cette façon, ces contaminants font partie de l'eau souterraine.

Normalement, les eaux de surface n'ont pas de fortes concentrations de fer et de manganèse, car elles ont une forte concentration d'oxygène, provoquant l'oxydation et la sédimentation de ces éléments. Si un échantillon d'eau est transparent, mais qu'après repos il présente des particules rouges ou noires, cela signifie qu'il y a présence de fer ou de manganèse dissouts dans l'eau. L'excès de fer et manganèse dans l'eau jaunit l'évier et les toilettes, provoque une mauvaise odeur dans la salle de bain, teint les tissus, les vêtements, les articles sanitaires, laisse un goût métallique dans l'eau, les aliments et les boissons comme le café et le thé, favorise la prolifération de bactéries nocives, nuit aux processus de fabrication de boissons industrielles.

I.3.2.5 Sulfate

Leur présence à diverses origines, elle peut résulter de la dissolution de sulfates de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (la pyrite) [10]. La forte concentration des sulfates provoque des troubles gastro-intestinaux. Elles peuvent aussi donner un goût désagréable [9].

I.3.2.6 Aluminium

L'aluminium est également une impureté présente dans d'autres produits chimiques du traitement de l'eau et peut s'infiltrer dans l'eau potable à partir de tuyaux ou de revêtement en mortier de ciment.

I.3.2.7 Turbidité

La turbidité est l'état de l'eau avec une quantité excessive de particules en suspension. La présence de turbidité dans l'eau est directement liée à la présence de microorganismes pathogènes pour la santé. Les particules solides responsables de la turbidité peuvent protéger certains microorganismes, facilitant leur prolifération. Et même les eaux troubles peuvent stimuler la croissance de ces micro-organismes en altérant les propriétés organoleptiques de l'eau potable.

Tableau I.1 : classes de turbidité usuelles (NTU, nephelometric turbidity unit) [11].

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble (La plupart des eaux de surface en Afrique atteignent ce niveau de turbidité).

I.3.2.8 La Température

La température a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des eaux comme (oxygénation, la conductivité, la solubilité des différentes substances, etc.). Elle a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux qu'elles soient souterraines ou superficielles, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs, elle varie entre 90 et 120°C.

I.3.2.9 pH

Le potentiel hydrogéné (pH) représente l'équilibre entre les ions H^+ et les ions OH^- . Le pH varie entre 0 à 14, un pH de 7 signifie que la solution est neutre, le pH inférieur à 7 indique que la solution est acide, un pH supérieur à 7 indique que la solution est basique.

Le pH de l'eau peut varier selon son origine, ce ne sera pas toujours le même indice, mais l'idéal pour la consommation humaine est de 7 [12]. En effet, un pH inférieur à ce nombre peut altérer l'eau avec des agents corrosifs et supérieur peut apporter un excès d'alcalinité.

Si l'on introduit des substances dans l'eau pure, elles se combinent avec les ions H^+ et OH^- en modifiant l'équilibre chimique [13].

Tableau I.2 : Classification des eaux d'après leur pH [11].

pH < 5	Acidité forte → présence d'acide minéraux ou organique dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée → majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

I.3.2.10 Conductivité électrique

La conductivité permet d'estimer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau, sa valeur varie en fonction de la température. La conductivité est liée à la quantité d'ions dans l'eau. Elle augmente avec la température et la concentration en sels dissouts.

La conductivité électrique s'exprime en microsiennes.cm⁻¹. La conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration des sels dissouts dans l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée.

Tableau I.3 : Rapport entre la conductivité et la minéralisation [11].

Conductivité	Minéralisation
0 – 100 $\mu s/cm$	Minéralisation très faible
100 – 200 $\mu s/cm$	Minéralisation faible
200 – 333 $\mu s/cm$	Minéralisation moyenne accentuée
333 – 666 $\mu s/cm$	Minéralisation importante
666 – 1000 $\mu s/cm$	Minéralisation élevée

I.3.2.11 Salinité

La salinité mesure la concentration d'une eau en sels dissouts (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium, etc.) Au travers de la conductivité électrique de cette eau.

Ces sels proviennent essentiellement de l'érosion des roches de la lithosphère, produit par les eaux de ruissellement et les eaux souterraines. Leur présence dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité, d'autres viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau.

I.3.2.12 L'oxygène dissout

Quantité d'oxygène qui est en solution dans l'eau et est disponible pour la respiration végétale et animale. Sa mesure est réalisée à l'aide d'un oxymètre.

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utiles pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est l'un des paramètres les plus sensibles à la pollution.

Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau.

I.3.2.13 Bicarbonate

Ils proviennent également de la dissolution des carbonates de calcium ou de magnésium en présence de gaz carbonique dans l'eau. La concentration maximale recommandée par l'OMS pour les bicarbonates dans l'eau potable est de 400 mg/l.

I.3.2.14 Chlorures

L'eau contient toujours des chlorures en proportion très variable. Les eaux provenant des régions granitiques sont pauvres en chlorure alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent d'avantage [14]. Les chlorures donnent un goût désagréable et posent des problèmes de la corrosion dans la canalisation et les réservoirs. Dans l'eau potable, la concentration maximale acceptable est de 200 mg/l. Si la teneur est supérieure à cette valeur, elle affecte le goût de l'eau.

I.3.2.15 Titre alcalimétrique simple

Permet de connaître la teneur en hydroxyde, la moitié de la teneur en carbonate, un tiers environ du phosphate présent et la teneur en bicarbonate, son dosage est réalisé par un acide fort en présence d'un indicateur coloré.

I.3.2.16 Titre alcalimétrique complet

Le titre alcalimétrique complet mesure la teneur de l'eau en alcalin libre et en carbonate caustique. Le TAC est un indicateur de pouvoir tampon de l'eau face aux substances acides. Il existe une relation entre le pH et le TAC, en pratique pour une eau dont le pH est inférieur à 8,3, le TAC correspond à la concentration des ions bicarbonates HCO_3^- .

I.3.2.17 Calcium

Le calcium est retrouvé dans les eaux qui ont traversé des roches calcaires. Avec le magnésium, il est responsable de la dureté de l'eau, et est l'élément dominant des eaux naturelles.

Lorsque sa teneur dans l'eau dépasse la norme, il provoque l'entartrage dans les canalisations.

I.3.2.18 Magnésium

C'est un élément indispensable pour la croissance. Il joue le rôle d'élément plastique dans l'os et dynamique dans les systèmes enzymatiques et hormonaux. Il est très abondant dans l'eau souvent à de fortes concentrations.

I.3.2.19 Potassium

Se trouve dans l'eau de mer et dans les nombreux minéraux, il s'oxyde rapidement au contact de l'air et réagit violemment avec l'eau.

I.3.2.20 Sodium

Le sodium après le chlore, est le deuxième élément dissout le plus abondant dans l'eau de mer. Il joue un rôle important en agriculture par l'irrigation, du fait de son action sur la perméabilité des sols. Il est nécessaire à l'homme pour maintenir l'équilibre hydrique de l'organisme [9]. Les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable.

I.3.2.21 Matières en suspension

Les MES comprennent toute la matière minérale ou organique insoluble dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les matières organiques, les limons et minérales de faible dimension. Les planctons et d'autres micro-organismes vivants dans l'eau.

Ces substances sont responsables en particulier de la turbidité et de la couleur de l'eau, permet aussi d'apprécier la charge solide en suspension d'une eau naturelle ou résiduaire.

I.3.2.22 Résidu sec

La détermination du résidu sec donne une indication de degré de minéralisation de l'eau et permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau c'est le résidu total.

L'eau très minéralisée contribue à l'équilibre des différentes constantes physiologiques de l'homme et surtout de l'enfant, et peuvent poser des problèmes endocriniens complexes.

I.3.2.23 Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et les hydroxydes. Elle est mesurée soit par le titre alcalimétrique (TA) ou par litre alcalimétrique complet (TAC).

I.4 Paramètres bactériologiques :

Ce sont des paramètres ou des indices qui permettent de contrôler la qualité bactériologique de l'eau, qui se mesurent par la présence ou par l'absence d'organismes d'origine intestinale.

L'eau potable ne doit pas contenir de micro-organisme pathogène et doit être libre de bactéries indicatrices de contamination fécale [15]. Une eau qui est porteuse d'une seule Escherichia Coli pour 100 ml devient potentiellement dangereuse.

Ils sont représentés par les entérobactéries suivantes:

- Coliformes fécaux (thermotolérants)
- Streptocoques fécaux
- Coliformes totaux
- Clostridium sulfite-réducteurs
- Bactéries revivifiables

I.4.1 Les coliformes thermotolérants

Les bactéries coliformes thermotolérants proviennent des intestins et des excréments des humains et des animaux. La recherche de ces germes dont Escherichia coli est spécifique de la recherche des germes tests des contaminations fécales récentes ils ont les mêmes propriétés que les coliformes, à la température de 44°C [16].

I.4.1.1 Escherichia coli

Est le principal indicateur de la contamination fécale. Organisme coliforme Thermotolérants, aérobic et facultativement anaérobic qui loge généralement dans le gros intestin chez l'homme et les animaux à sang chaud.

I.4.2 Les streptocoques fécaux

Les streptocoques (les genre streptococcus) regroupent un vaste ensemble de microorganisme ubiquitaires. Ils sont définis comme étant des cocci à gram positif de forme sphérique ou ovoïde, se présente en chainettes sporulées Aero anaérobic facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considéré comme pathogène

I.4.3 Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobic ou anaérobic facultatives, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant la dégradation du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié.

I.4.4 Clostridium sulfito-réducteurs

Les bactéries sulfito-réducteurs constituent un des paramètres indicateurs de quantité, témoins du fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau lorsque l'eau est d'origine superficielle ou influencée par une eau d'origine superficielle. Elles se développent dans des conditions d'anaérobiose (absence d'oxygène). Les spores de ces germes sont très résistantes à la chaleur [17].

I.4.5 Les bactéries revivifiables

La recherche de revivifiables n'est pas significative d'une fécale, mais elle donne de bonnes indications sur l'histoire bactérienne d'une eau et en particulier d'une eau d'origine souterraine [18].

Partie expérimentale

Chapitre II : Méthodes et résultats

II.1. Description de la station :

La station de traitement des eaux potables de Guelma est une usine de traitement des eaux, de capacité **500 l/s** et ce traitement passe par des étapes bien définies et représente le procédé de traitement qui a été mis au point selon la qualité physico-chimique bactériologique de l'eau brute du barrage. Ce procédé se compose d'une **pré-chloration** succédée par l'étape de **coagulation/floculation** puis la **décantation** et enfin la **filtration**. Chacune de ces étapes comprend des techniques spécifiques pour améliorer la qualité de l'eau dans le processus de traitement. Pour la pré-chloration elle se fait par l'**eau de javel** qui est un oxydant. La coagulation se fait par le **sulfate d'alumine** dans un bassin d'agitation rapide suivie par la floculation qui se fait par un floculant qui est le **poly-électrolyte**. Cette étape se fait dans un bassin à agitation lente, et le temps entre la coagulation et la floculation est de **20 min**, c'est le temps nécessaire pour la formation des floes. Le dosage des produits chimiques (sulfate d'alumine et poly-électrolyte) se fait dans le laboratoire par la technique du jarre-test pour mieux optimiser l'utilisation de ces produits et avoir une bonne floculation selon la turbidité de l'eau brute.

Après l'étape de coagulation/floculation, il y a la décantation qui se fait dans un décanteur à ciel ouvert pendant **2 heures**, temps nécessaire pour permettre au floc de décanter, à la fin il y a la filtration sur sable après la décantation car il y a toujours des petits floes qui ne décantent pas et des particules de faible masse, alors retenus dans les filtres ainsi que d'éventuelles parasites, levures et algues.

II.2. Les analyses physico-chimiques :

Une eau potable du point de vue chimique doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable, à l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute autre substance toxique [19].

❖ L'échantillonnage (le prélèvement) :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être accordé. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans codification des caractéristiques physico-chimiques.

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière, l'emploi de flacons neufs en verre, de préférence maintenus pendant une heure dans l'eau distillée, puis séchés. La qualité de l'eau et du prélèvement dépend du but et de la nature de l'analyse qui dépendent eux-mêmes de la nature de l'eau et de son utilisation [19].

II.2.1 Mesure du pH :

Principe :

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution.

Appareillage :

Nous avons besoin de : pH-mètre ; Récipient contenant l'eau à analyser ; Récipient contenant l'eau distillée pour rincer l'électrode avant et après la mesure du pH.

Mode opératoire :

Nous avons analysé et versé l'eau dans le bécher puis nous avons introduit les électrodes dans l'eau, la lecture se fait directement sur le pH-mètre. Pour procéder à l'analyse de l'échantillon nous avons lavé les électrodes et le bécher avec l'eau distillée puis séché avec le papier absorbant. Les résultats sont exprimés en unité de pH.



Figure II.1 : pH-mètre

Résultats et discussion :

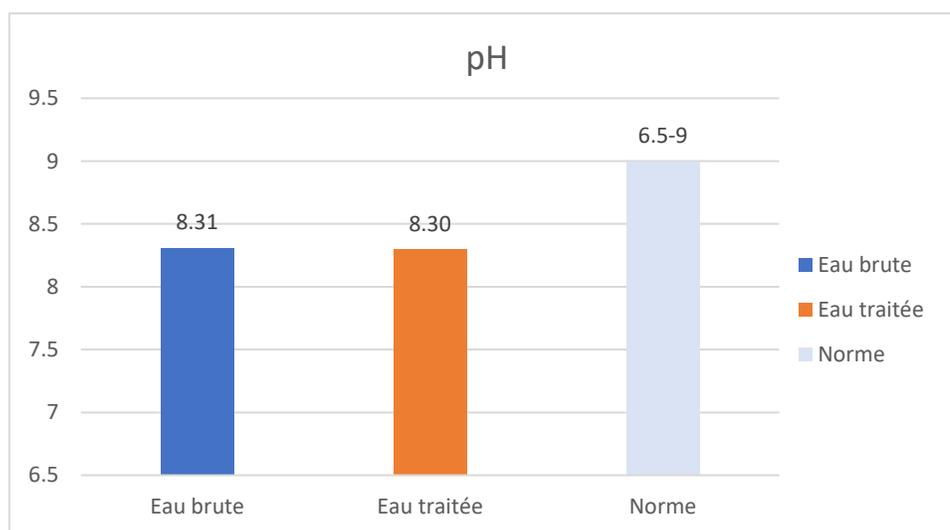


Figure II.2 : pH de l'eau pour le mois de Mars

Ce paramètre représente le degré d'acidité ou d'alcalinité du milieu aquatique, le pH des écosystèmes aquatiques traduit les relations complexes entre la chimie de l'eau et les effets biologiques.

Les valeurs du pH obtenues sont 8,31 pour l'eau brute et 8,30 pour l'eau traitée. Ces valeurs ne dépassent pas la norme Algérienne de potabilité fixée à $(6,5 < \text{pH} < 9)$.

II.2.2 Mesure de température (T°C) :

Principe :

Les mesures de la température de l'eau sur le lieu du prélèvement de l'échantillon sont une partie intégrante de l'analyse des eaux, car de cette température dépendent la solubilité de gaz et la vitesse de réaction dans l'eau.

Appareillage :

Pour la mesure du pH et de la température nous avons utilisé un pH-mètre composé d'un boîtier électronique et d'une sonde dotée de deux électrodes.

Résultats et discussion :

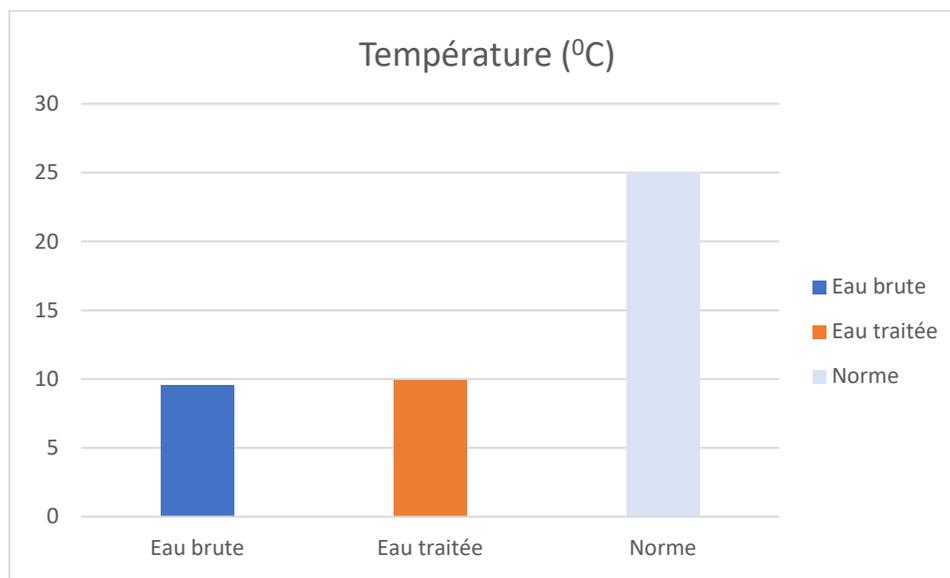


Figure II. 3 : Température de l'eau pour le mois de Mars

La température est un facteur écologique très important. Elle a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques. Les résultats pour ce paramètre, obtenus durant le mois de mars sont de 9,6 et 9,9°C pour l'eau brute et l'eau traitée, respectivement. Ces valeurs sont dans la norme Algériennes fixée à 25°C (Figure II .3), sachant que l'objectif à poursuivre, pour des raisons de qualité organoleptique, consiste à maintenir l'eau potable à une température égale ou inférieure à 15°C.

II.2.3 Mesure de la conductivité :

Principe :

La mesure est basée sur le principe du pont de **Wheatstone**, en utilisant comme appareil de zéro un galvanomètre ou une image cathodique.

Appareillage : pour cette mesure, nous avons utilisé un conductimètre à électrode et un récipient contenant l'eau à analyser.

Mode opératoire :

Avant de commencer la mesure, nous avons d'abord rincé l'électrode de l'appareil par l'eau distillée et ensuite nous avons plongé l'électrode dans le récipient contenant l'eau à analyser en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.



Figure II.4 : Conductimètre

Résultats et discussion :

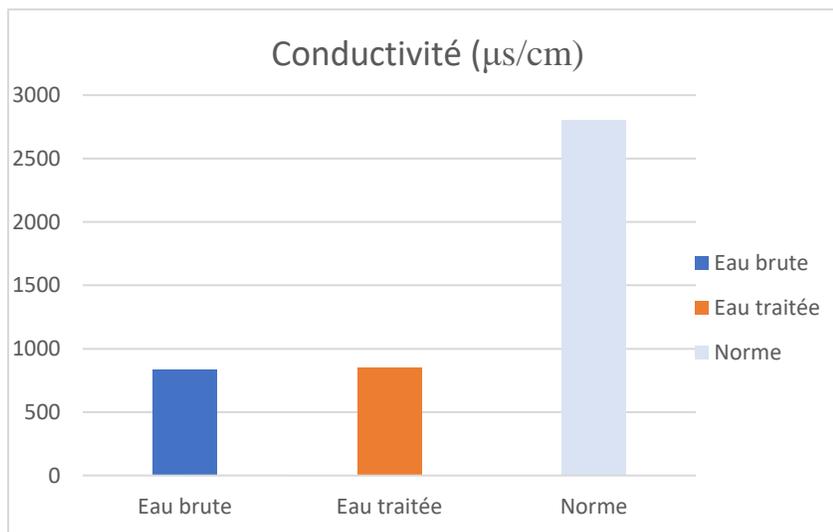


Figure II. 5 : Conductivité de l'eau pour le mois de Mars

Nous pouvons voir que les valeurs de la conductivité électrique pour les cas de l'eau brute et traitée sont de 837 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivement. Ces valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, les eaux sont donc moyennement minéralisées. La conductivité électrique dépend des charges de matières organiques, génératrices de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau. Si le niveau de quantité de matières dissoutes augmente, la conductivité augmentera également. Ceci indique la faible présence de ces matières dans l'eau à l'étude.

II.2.4 Mesure de la turbidité :

Principe :

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.

Appareillage : Nous avons utilisé un turbidimètre et une cuve stérile.

Mode opératoire : après avoir rempli la cuve stérile d'eau à analyser, nous avons effectué rapidement la mesure et ensuite nous avons fait la lecture après la stabilisation du turbidimètre.



Figure II.6 : Turbidimètre

Résultats et discussion :

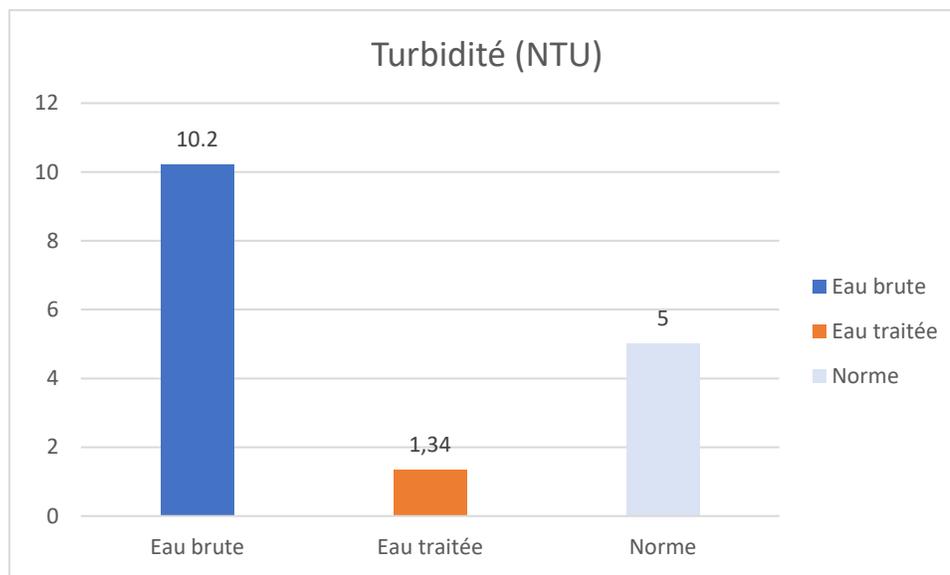


Figure II.7 : Turbidité de l'eau pour le mois de Mars.

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau, elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent ou réfléchissent la lumière. Les valeurs de la turbidité sont 10,2 (NTU) pour l'eau brute et 1,34 (NTU) pour l'eau traitée. L'eau brute montre une valeur turbide, ceci correspond aux journées pluvieuses par rapport à la norme Algérienne fixée à 5 (NTU). Mais une fois l'eau traitée, la valeur de la turbidité diminue et rentre dans la norme Algérienne (figure II.7).

II.2.5 Mesure du titre hydrotimétrique (TH) :

Principe :

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène-diaminetétracétique (EDTA). Les dispositions des dernières traces d'éléments libres à déceler par le virage d'un indicateur spécifique en milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation de magnésium permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

Réactifs : Nous avons besoin de : indicateur noir d'eriochrome T ; solution d'EDTA ; solution tampon chlorure d'ammonium 54 g et ammoniacque 34%.

Mode opératoire :

Nous avons prélevé 100 ml d'eau à analyser, ajouté 2 ml de solution tampon (pH = 9,5 – 10) et quelques grains d'indicateur coloré, ensuite nous avons versé la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vers le bleu.

Expression des résultats : $TH\text{ }^{\circ}F = V\text{ titre} \times 10$

Résultats et discussion :

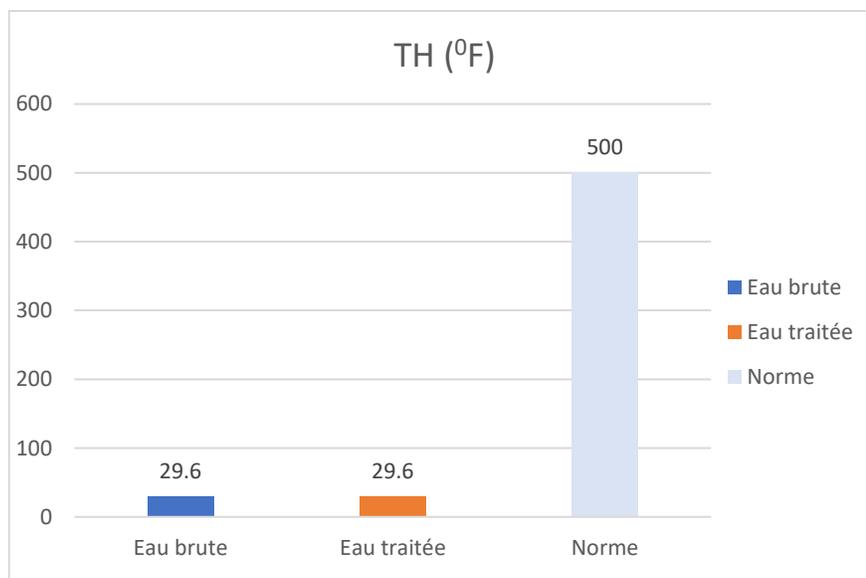


Figure II.8 : Titre hydrotimétrique de l'eau pour le mois de Mars

Les valeurs du titre hydrotimétrique sont les mêmes pour l'eau brute et l'eau traitée, de valeur 29,6 °F. Sa valeur est donc largement inférieure à la norme Algérienne fixée à 500 °F. Si on sait que le TH de l'eau, est le taux qui mesure sa minéralisation ou sa concentration en sels minéraux, à savoir en potassium, magnésium et calcium. En bref, le TH de l'eau indique précisément son niveau de calcaire. Les teneurs de cet élément présentent aussi des variations spatio-temporelles dans les eaux brutes (figureII.8).

II.2.6 Titre alcalométrique simple et complexe (TA et TAC) :

Principe :

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

Réactifs :

- Acide chlorhydrique ou sulfurique N/50.
- Solution de phénolphtaléine dans l'alcool à 0,5%.

- Solution de méthylorange à 0,5%.
- Eau permutée exempte d'anhydride carbonique libre (par ébullition de 15min).

Mode opératoire :

✚ Pour TA :

Pour 100 ml d'eau à analyser, nous avons ajouté 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine. Si une coloration rose apparaît, il faut le titrer avec l'acide sulfurique N/50 jusqu'à la disparition. Si la couleur n'apparaît pas TA= 0.

Expression des résultats : **TA (°F) = V titrée**

✚ Pour TAC :

Pour 100 ml d'eau à analyser, nous avons ajouté 2 à 3 gouttes de méthylorange à 0,5%. Puis on l'a titré avec de l'acide sulfurique N/50 jusqu'au virage rouge orange.

Expression des résultats : **TAC (°F) = V titrée – 0,5**

0,5 : le volume nécessaire pour le virage de couleur de l'indicateur.

Résultats et discussion :

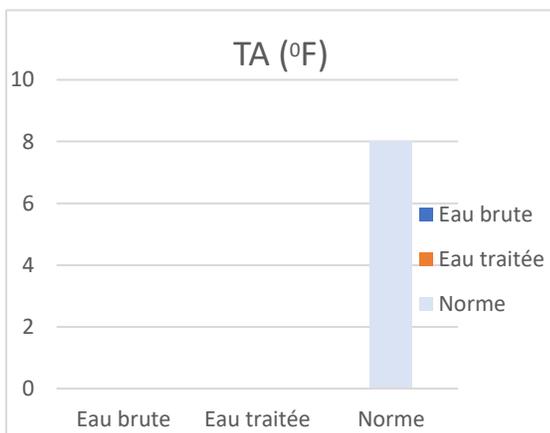


Figure II. 9 : TA pour le mois de Mars

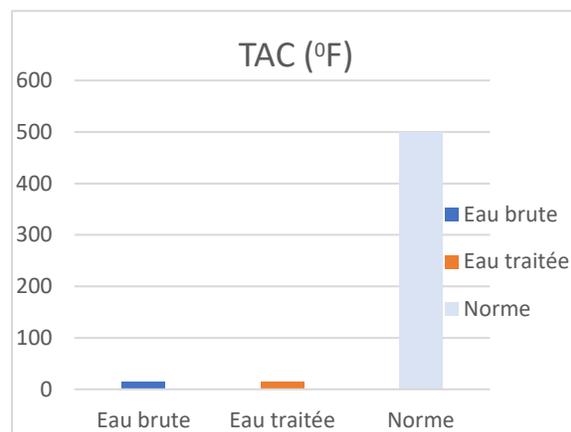


Figure II. 10 : TAC pour le mois de Mars

TAC correspond à la teneur utilisée pour mesurer le taux d'hydroxyde de carbonate et de bicarbonate d'une eau, la variation du résidu sec dépend généralement de la concentration des sels minéraux que contient cette eau. Un excès d'alcalinité de l'eau est fortement lié à son caractère corrosif et sa capacité d'entartrage des canalisations.

Comme les résultats que nous avons obtenus sont compris entre 100 et 200°F, nous pouvons dire que les terrains parcourus sont donc calcaire. Il est clair que la teneur de l'eau brute et traitée pour le mois de Mars ne dépasse pas la norme Algérienne. Cela montre que les teneurs en bicarbonates (HCO_3^-) et TAC, prennent des valeurs acceptables.

TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et en carbonate alcalins caustiques. d'après les résultats une valeur de TA nulle est obtenue.

II.2.7 Détermination de calcium (Ca²⁺) :

Principe :

Le principe est identique à celui de la méthode complexométrique décrite pour la dureté totale. Comme le dosage se fait à un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi ne se combine qu'avec le calcium.

Réactifs : Nous avons besoin d'indicateur coloré (**Murexide**) ; solution d'EDTA (N/50) et solution d'hydroxyde de sodium à 2N.

Mode opératoire :

Nous avons introduit 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large, puis nous avons ajouté 2 ml de solution d'hydroxyde et quelques graines colorées. Ensuite, nous avons versé la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au violet.

Expression des résultats :

La détermination de la quantité de calcium (mg/l) est donnée par la formule suivante :

$$(\text{Ca}^{2+}) \text{ (mg/l)} = V \text{ (EDTA)} \times 0,98 \times 8$$

Résultats et discussion :

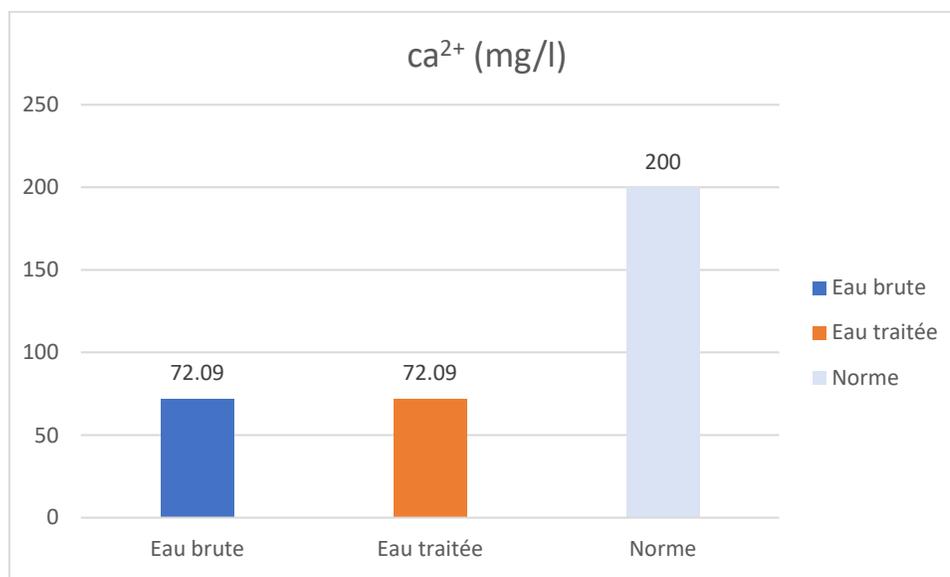


Figure II.11 : Calcium de l'eau étudiée pour le mois de Mars

Résultats et discussion :

La présence des ions calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles soit la dissolution des formations carbonatées, soit la dissolution des formations gypseuses. D'après les résultats obtenus, nous pouvons voir clairement que les valeurs des calciums de l'eau brute et traitée sont égales. En les comparant à la norme Algérienne, elles sont toutes conformes. Ce qui indique que ces eaux sont moins influencées par la dissolution des formations carbonatées et gypseuses, donc la qualité de l'eau dans la région d'étude est acceptable.

II.2.8 Dosage de magnésium (Mg²⁺) :

Réactif: Nous avons besoin de: solution d'EDTA (N/50) ; noir d'eriochrome T ; et NH₄OH à pH =10.

Mode opératoire :

Nous avons introduit 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large, ajouter 2 ml de NH₄OH à pH = 10 et une pincée de noir d'eriochrome T, titré par l'EDTA (N/50) jusqu'au virage de la couleur bleu (V2).

Expression des résultats : $(Mg^{2+}) (mg/l) = (V Mg^{2+} - V Ca^{2+}) \times 0,98 \times 4,8$

Résultats et discussion :

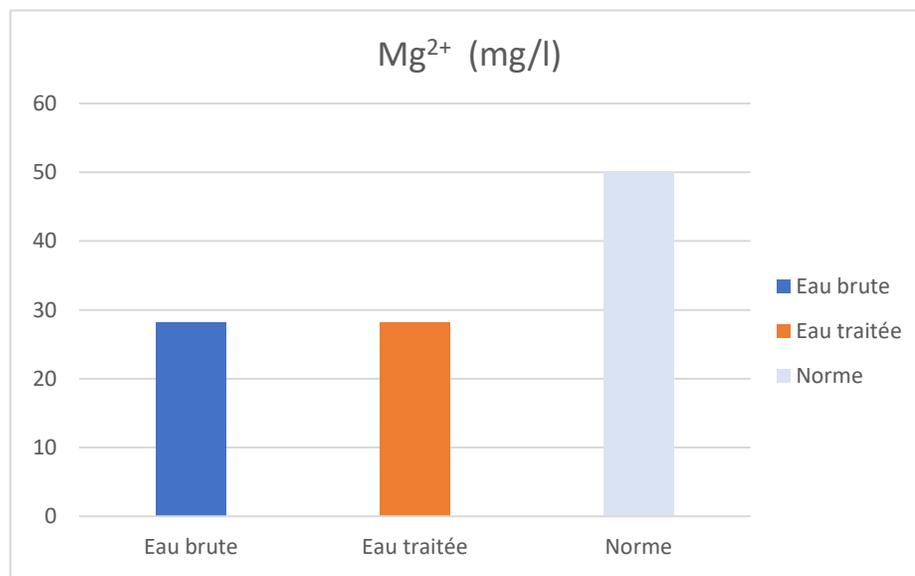


Figure II.12 : Magnésium de l'eau pour le mois de Mars

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaires, dolomitiques, dolomies du jurassique).

D'après les résultats obtenus et par comparaison avec les normes Algériennes qu'ils ne dépassent pas, la qualité de l'eau est donc acceptable.

II.2.9 Dosage du chlorure :

Principe :

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de **nitrate d'argent** en présence de **chromate de potassium**. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du **chromate d'argent**.

Réactifs : Nous avons besoin de : solution de chromate de potassium à 10% et solution de nitrate d'argent N/10.

Mode opératoire :

Nous avons introduit 25 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large, ajouté 2 à 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%, après nous avons versé au moyen d'une burette

la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre qui doit persister 1 à 3 minutes.

Expression des résultats : Teneur (Cl^-) = $V \text{ (ml)} \times 142$

Résultats et discussions :

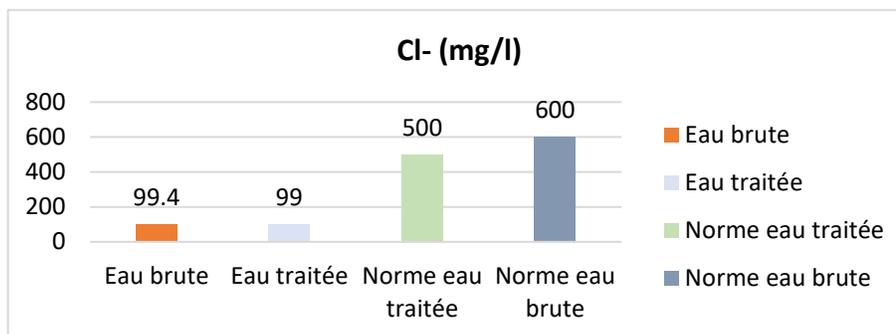


Figure II.13 : Chlorure de l'eau étudiée pour le mois de Mars

Les résultats obtenus pour le chlorure pour l'eau brute et traitée sont presque les mêmes et de valeur 99,4 mg/l. Cette valeur est très inférieure à la norme Algérienne fixée à 600 mg/l pour l'eau brute est à 500 mg/l pour l'eau traitée. Les concentrations de chlorure supérieures à 250 mg/l pour l'eau potable peuvent provoquer la corrosion du système de distribution. L'objectif de qualité esthétique ou organoleptique pour le chlorure dans l'eau potable est donc une concentration $\leq 250\text{mg/l}$. Toutefois le chlorure est généralement présent en faible concentration dans les eaux de surface naturelles.

II.2.10 Les matières en suspension (MES) :

Principe :

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

Matériel :

Nous avons besoin de : un dispositif de filtration sous vide ou sous pression (rampe) et une membrane de filtration.

Mode opératoire :

Nous avons mis les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 2 minutes, après nous avons laissé refroidir dans le dessiccateur, ensuite pesé : soit p_1 le poids des membranes avant filtration. Après nous avons placé les membranes dans la rampe à filtration et fait passer 200 ml d'eau à analyser à travers depuis Nous avons rendu les membranes à l'étuve (à 105°C) afin de sécher pendant 20 min, ensuite nous avons laissé refroidir au dessiccateur puis pesé une deuxième fois, soit p_2 le poids des membranes après filtration.

Expression des résultats : $\text{MES (mg/l)} = (P_2 - P_1) \times 5 \times 1000$



Figure II.14 : Dispositif de Filtration sous vide

Résultats et discussion

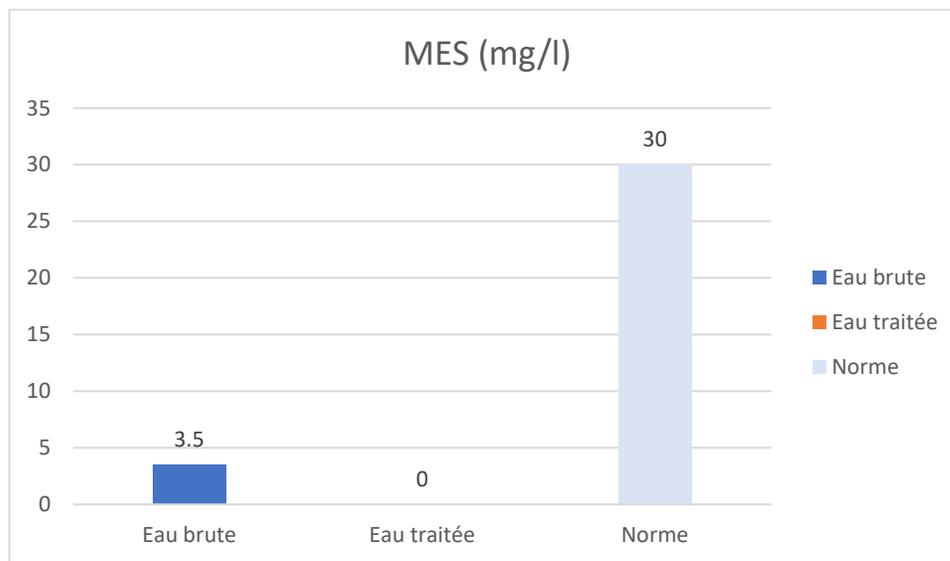


Figure II.15 : Matière en suspension de l'eau étudiée pour le mois de Mars

Les variations de MES sont liées particulièrement à : la saison de pluviométrie, le régime d'écoulement des eaux, la nature des rejets, etc. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière par suite de la photosynthèse.

Les résultats obtenus sont de 3,5 mg/l pour l'eau brute et 0 mg/l pour l'eau traitée. Ces valeurs sont largement inférieures à la norme Algérienne fixée à 30 mg/l. Donc la qualité de l'eau dans la région d'étude est acceptable.

II.2.11 Dosage des ions nitrites par les méthodes spectrométriques :

Principe :

Les ions nitrites réagissent en milieu acide (pH =1,9) avec les sulfamides en formant le sel de di-azonium (diazotation) qui forme avec le N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté un colorant azoïque rouge.

Réactifs : Nous avons besoin de solution du réactif mixte.

Mode opératoire :

Nous avons pris 50 ml d'eau à analyser, après nous avons ajouté 1ml du réactif mixte. Ensuite nous avons attendu 10 min l'apparition de la coloration rose qui indique la présence des NO_2^- et effectué la lecture à 543 nm.

Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l.

Résultats et discussion :

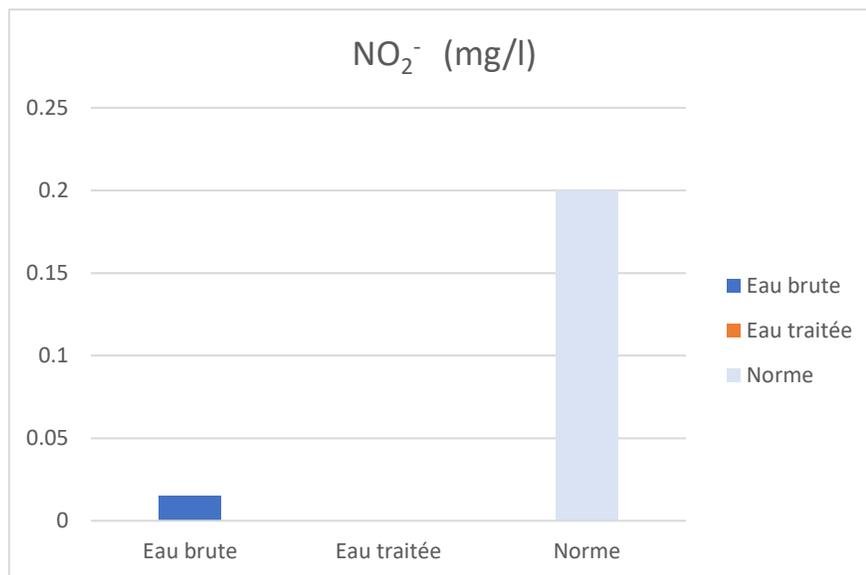


Figure II.16 : Nitrites de l'eau étudiée pour le mois de Mars

Pour bien interpréter les résultats, il sera nécessaire de tenir compte des teneurs en nitrites, azote ammoniacal, en matière organique et l'examen bactériologique. L'eau brute présente de très faibles concentrations en nitrites (inférieur à 0,015 mg/l) qui sont issues d'une oxydation incomplète de l'ammoniac soit de la réduction des nitrates. Après le traitement, la concentration de nitrites est de 0,003 mg/l, qui est très négligeable par rapport à la norme Algérienne fixée à 0,2 mg/l. La qualité de l'eau est donc acceptable.

II.2.12 Dosage de l'Ammonium par la méthode spectrométrique manuelle :

Principe :

Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'Ammonium avec les ions Salicylate de Hypochlorite en présence de Nitroprussiate de Sodium.

Réactifs et Matériel :

Nous avons besoin de : réactif coloré ; solution de Dichloroisocyanurate de Sodium ; verrerie (fioles et pipettes), balance analytique ; spectrophotomètre.

Préparation de l'échantillon :

Tout d'abord nous avons pris 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50ml, puis nous avons ajouté 4 ml (réactif 1) et 4 ml de la solution du réactif 2, ensuite nous avons complété la fiole jusqu'à

la jauge, et attendu 1h 30min, nous avons vérifié l'apparition de la couleur verte qui indique la présence de l'ammonium. Nous avons alors effectué la lecture à 543 nm.

Expression des résultats :

Les résultats sont directement donnés en mg/l.



Figure II. 17 : Dosage du Nitrite et Ammonium

Résultats et discussion :

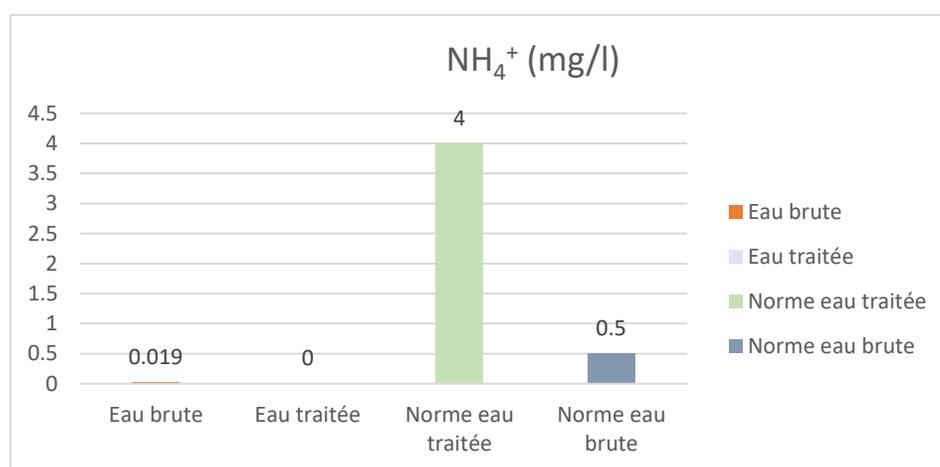


Figure II.18 : Ammonium de l'eau étudiée pour le mois de Mars

La concentration de l'eau brute est de 0,019 mg/l, cette valeur confirme les rejets directs d'eau usée. D'autre part la teneur d'ammonium, dans l'eau traitée est nulle. Cette absence confirme l'efficacité des procédés de traitement appliqué, car c'est cet élément qui réagit avec le chlore en donnant des chloramines (responsables de modifier l'odeur et le goût de l'eau traitée).

II.2.13 Dosage des Sulfates :

Principe :

Les ions sulfates sont précipités et pesés à l'état de sulfate de baryum.

Mode opératoire :

Nous avons pris 20 ml d'eau à analyser puis complété à 100 ml d'eau distillée. Après nous avons ajouté 5 ml de la solution stabilisante et ajouté 2 ml de chlorure de baryum, ensuite nous avons laissé agir pendant 15min. Puis nous avons agité énergiquement pendant 1 min, ensuite nous avons passé au spectrophotomètre à $\lambda^3 = 420$ nm.



Figure II.19 : Dosage du Sulfate

Résultats et discussion :

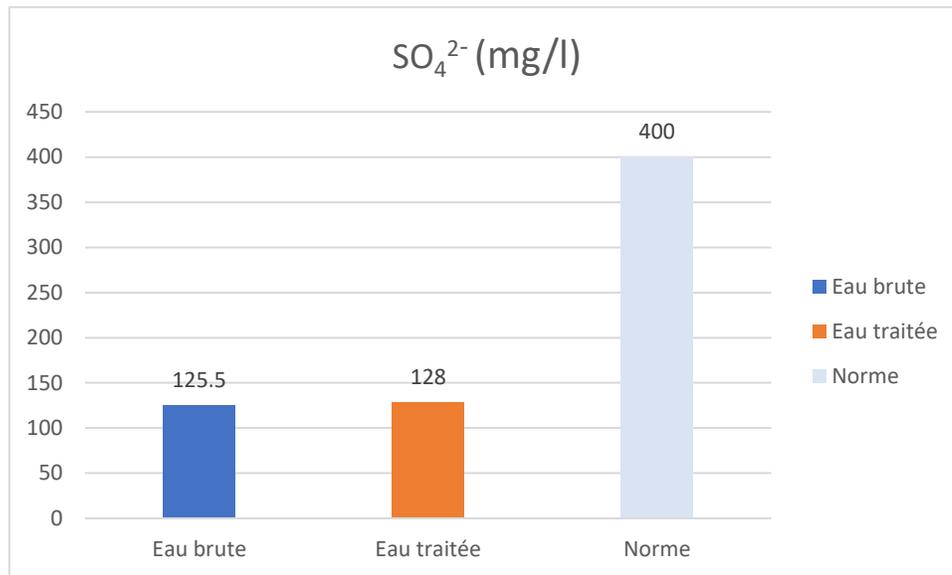


Figure II.20 : Sulfate de l'eau étudiée pour le mois de Mars

L'allure du graphique montre que la réglementation algérienne recommande 400 mg/l de sulfate comme une valeur maximale admissible.

Nous avons constaté que la teneur en sulfatés augmente après le traitement. Ceci peut être expliqué par la dissolution des formations gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les couches géologiques. Mais les résultats ne dépassent pas la norme Algérienne fixée à 400 mg/l. Donc la teneur est acceptable.

II.2.14 Détermination des phosphates (PO₄³⁻) par la méthode spectrométrique :

Principe :

Molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate.

Réactifs : Nous avons besoin de : réactif mélange et d'acide ascorbique (C₆H₈O₆).

Mode opératoire :

Nous avons pris 40 ml d'eau à analyser et 1 ml d'acide ascorbique, après nous avons ajouté 2 ml du réactif-mélange. Ensuite nous avons attendu 10 min puis vérifié l'apparition de la coloration bleue qui indique la présence des PO_4^{3-} , avec des longueurs d'onde λ à 700 ou 880 nm.



Figure II.21 : Dosage du Phosphate

Résultats et discussion :

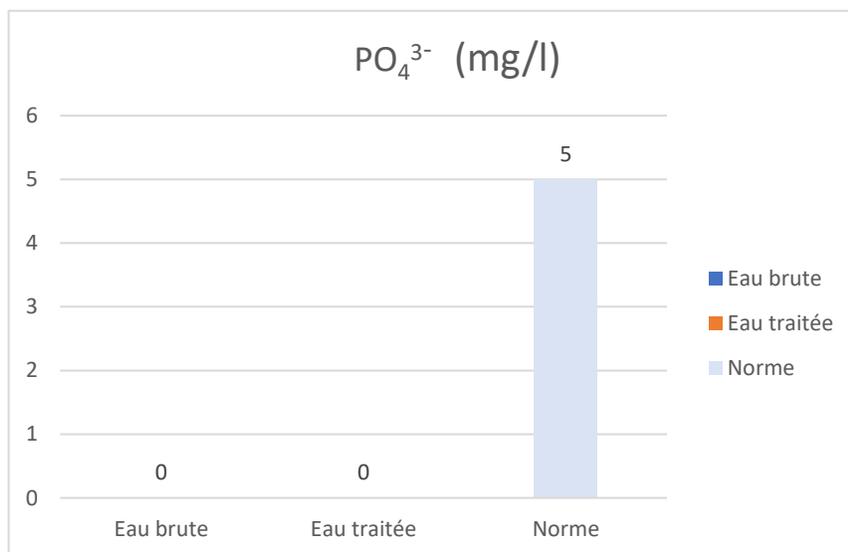


Figure II.22 : Phosphate de l'eau étudiée pour le mois de Mars

Une concentration de phosphate peut entraîner la prolifération des algues puisqu'il s'agit d'un élément nutritif pour la végétation. L'augmentation ou la diminution des teneurs de cet élément sont en relation avec les apports externes accentués par la pluie et la consommation algales. Au cours de notre étude, nous avons enregistré l'absence de phosphate dans l'eau traitée et l'eau brute pour le mois de Mars.

II.2.15 Dosage des nitrates NO_3^- : méthode spectrométrie :

Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Réactifs et Matériels :

Solution de salicylate de sodium à 0,5% ; solution d'hydroxyde de sodium à 30% ; solution de tartrate double de sodium et de potassium ; acide sulfurique (H_2SO_4) concentré.

Matériels :

Nous avons besoin de : Balance analytique de laboratoire ; fioles de 100 ml ; pipettes 10 ml, 5 ml, 2ml, 1ml et poires à pipette ; étuve ou bain marie pour séchage ; spectrophotomètre UV-Visible à longueur d'onde 415 nm.

Mode opératoire :

Nous avons pris 10 ml de l'échantillon à analyser et ajouté 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 % et 1 ml de salicylate de sodium. Ensuite, nous avons évaporé au bain marie et laissé refroidir, puis nous avons repris le résidu avec 2 ml H_2SO_4 , laissé reposer pendant 10 min, puis nous avons ajouté 15 ml d'eau distillée et ajouté 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium. Nous avons ensuite fait la lecture au spectromètre UV-Visible.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.



Figure II. 23 : Dosage du Nitrate

Résultats et discussion :

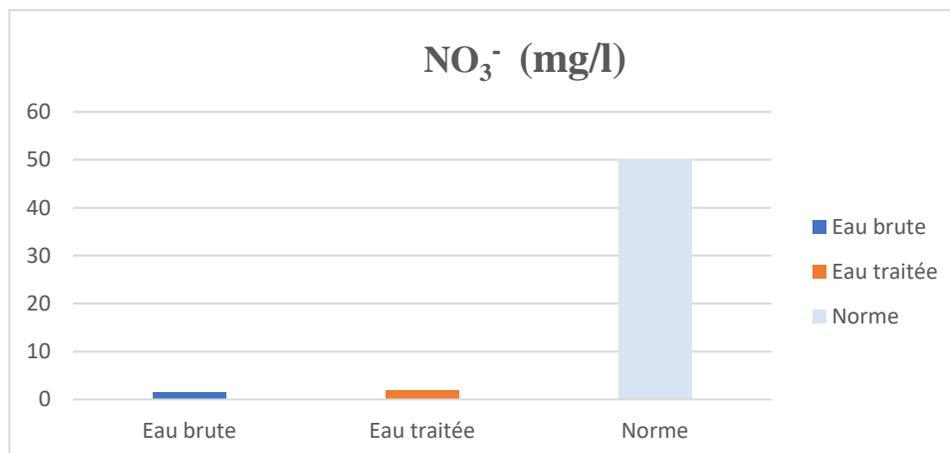


Figure II.24 : Nitrates de l'eau étudiée pour le mois de Mars

Les concentrations en nitrate obtenues pour l'eau brute et l'eau traitée restent inférieures à la concentration admissible décrétée par les normes Algériennes fixées à 50 mg/l. Donc la qualité de l'eau est acceptable.

Toutefois, les résultats montrent une légère augmentation des nitrates après traitement de l'eau. Cela s'explique par une importante minéralisation de la matière organique et peut être due à la diminution du nombre de microorganismes qui utilisent les nitrates comme source d'azote.

II.2.16 Détermination du fer :

Principe :

Le procédé consiste en l'addition d'une solution de phénanthroline 1,10 à une prise d'essai et la mesure photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510 nm.

Pour le dosage du fer total et du fer dissout, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le Fe^{3+} en Fe^{2+} .

Réactifs : Nous avons besoin de : solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100g/l ; solution de phénanthroline et solution tampon acétate.

Matériels : Spectrophotomètre UV-visible, et matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes), balance analytique.

Mode opératoire :

Nous avons pris 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml. Ensuite nous avons ajouté à la solution transvasée, 1 ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et mélangé soigneusement et ajouté 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH compris entre 3,5 et 5,5 et de préférence 4,5. Ensuite nous avons ajouté 2 ml de la solution de phénanthroline -1,10 et complété à 50 ml, puis conservé les fioles à l'obscurité pendant 15 min. Enfin nous avons passé au spectrophotomètre pour mesurer la longueur d'onde de 510 nm.



Figure II.25 : Dosage du Fer

Résultats et discussion :

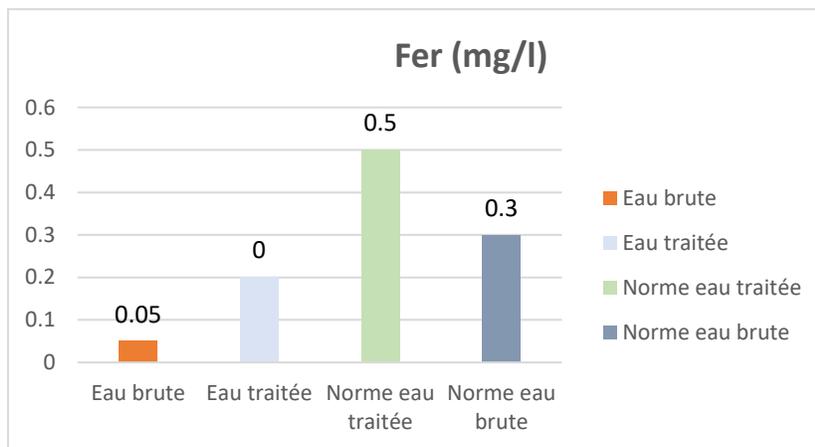


Figure II.26 : Le fer dans l'eau étudiée pour le mois de Mars

Des taux très élevés de fer, pourraient augmenter les risques de maladies cardiovasculaires et de cancers. Dans notre cas étudié, la teneur du fer dans l'eau brute est inférieure à la norme Algérienne fixée. Cela indique une qualité acceptable de l'eau. En effet, après le passage de l'eau brute par la cascade d'aération, le fer est oxydé à l'état ferrique et hydrolysé pour donner un hydroxyde de fer insoluble $Fe(OH)_3$, ce qui a entraîné une absence de la concentration de fer total dans l'eau traitée.

II.2.17 Dosage d'Aluminium (Al^{3+}) :

Principe :

Les ions d'aluminium se combinent avec le rouge d'alizarine pour former un complexe jaune-rouge qui peut se mesurer.

Réactifs : Nous avons besoin de : Chlorure de calcium à 0,7 g/l ; acide thioglycolique ($C_2H_4O_5$) à 80% ; solution tampon pH = 4,6 ; rouge d'alizarine.

Mode opératoire :

Nous avons pris 25 ml d'échantillon dans chaque fiole de 50 ml, ensuite nous avons ajouté 2,5 ml de chlorure de calcium, et ajouté 1 ml de thioglycolique, 5 ml de tampon (K = 4,6), 1 ml de rouge d'alizarine, après nous avons agité vigoureusement les fioles, puis complété les fioles jusqu'à la jauge avec l'eau distillée que nous avons laissé au repos pendant 90 à 120 min. Nous avons vérifié l'apparition de la couleur rouge qui indique la présence de l'ammonium, et nous avons enfin effectué les mesures spectrophotométriques à une longueur d'onde de 490 nm.



Figure II.27 : Dosage d'aluminium



Figure II.28 : Spectrophotométrie originale

Résultats et discussion :

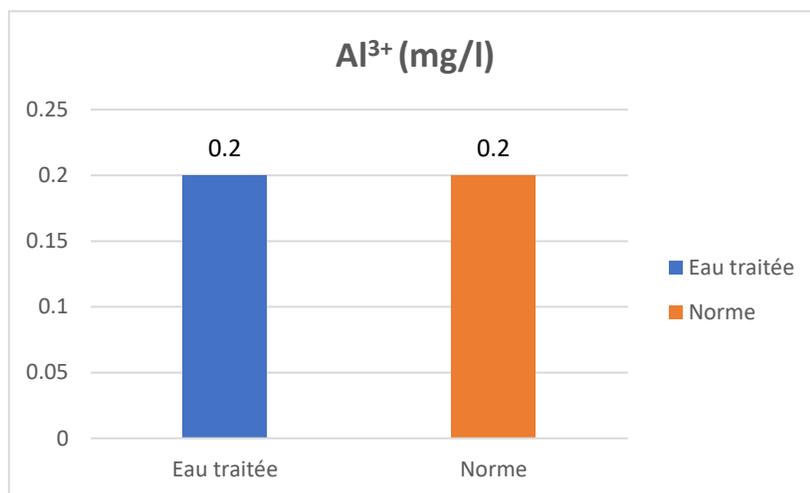


Figure II. 29 : Aluminium de l'eau pour le mois de Mars

L'allure du graphique montre uniquement les résultats pour l'eau traitée. Ce qui est due à l'utilisation de sulfate d'aluminium (coagulant) par contre l'eau brute ne contient pas de sulfate d'aluminium.

II.2.18 Les résultats pour les réservoirs (R5, SP3, Maouna) :

Présentation graphique des paramètres suivant : (NO₃⁻, SO₄²⁺, Fe²⁺, PO₄³⁻) :

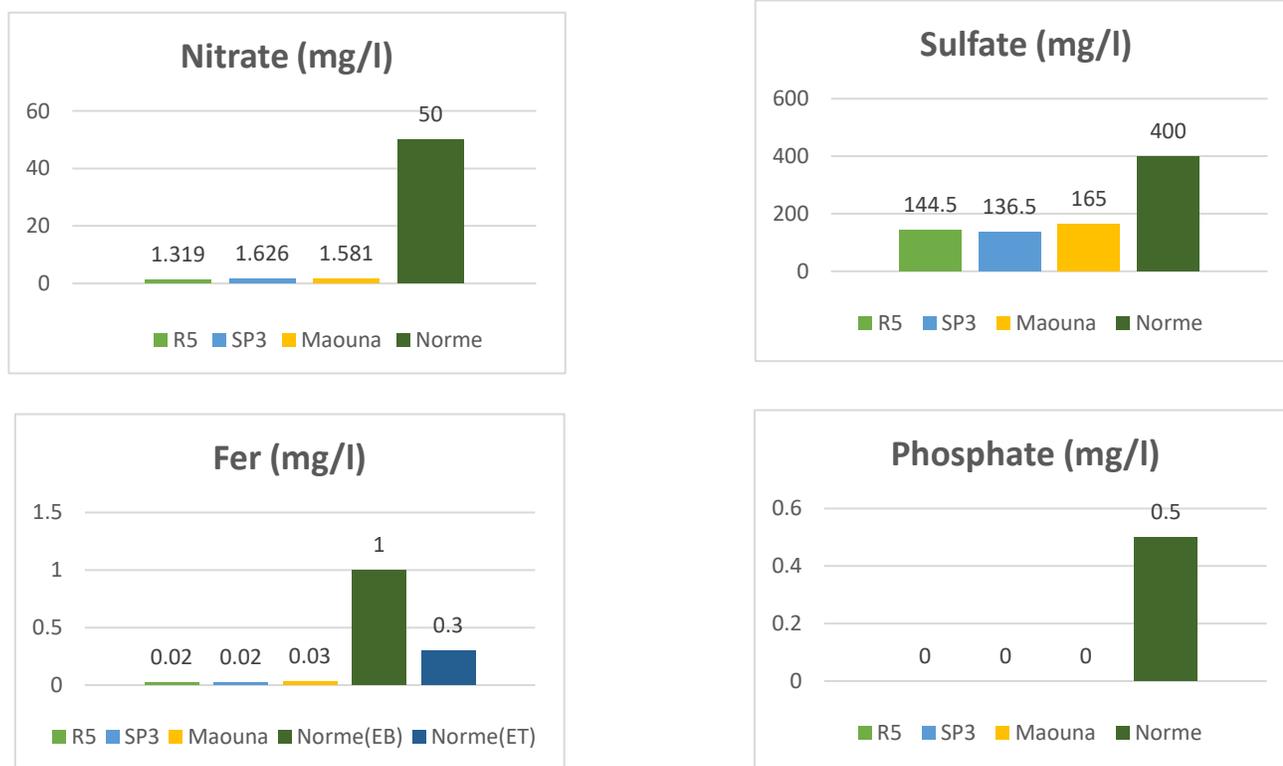
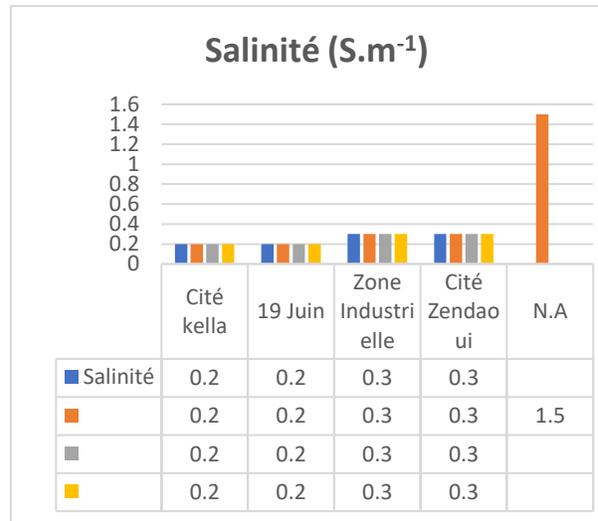
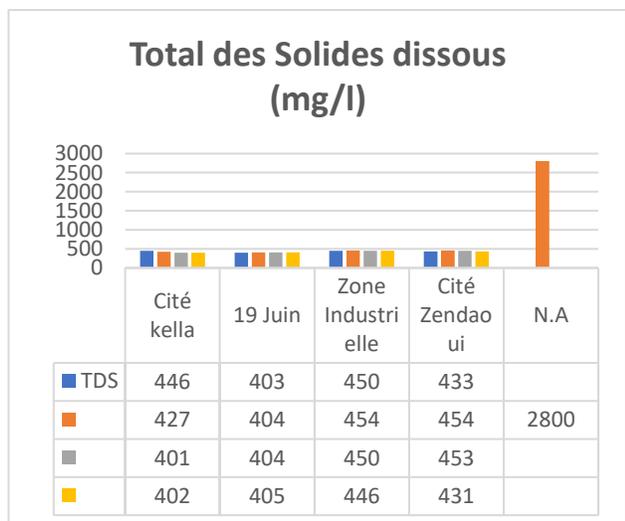
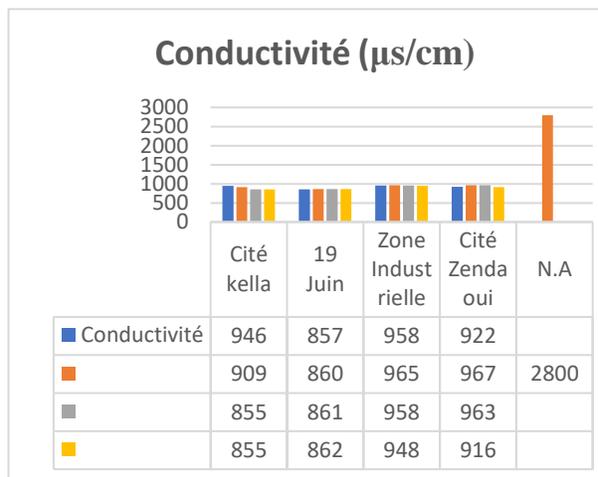
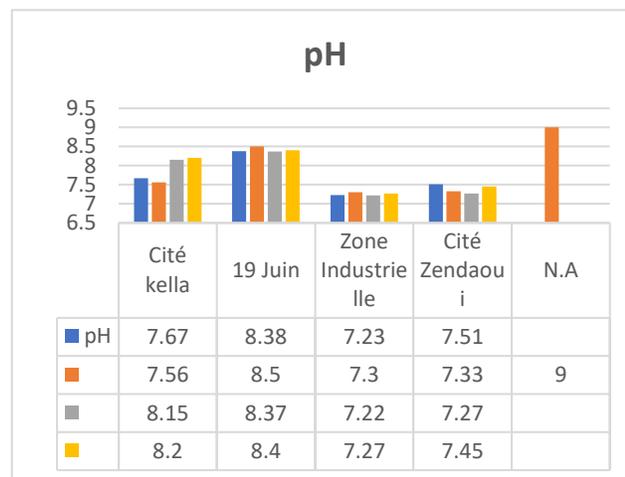
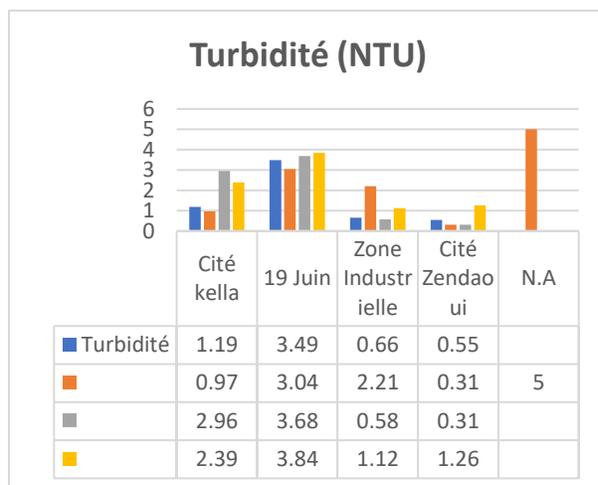
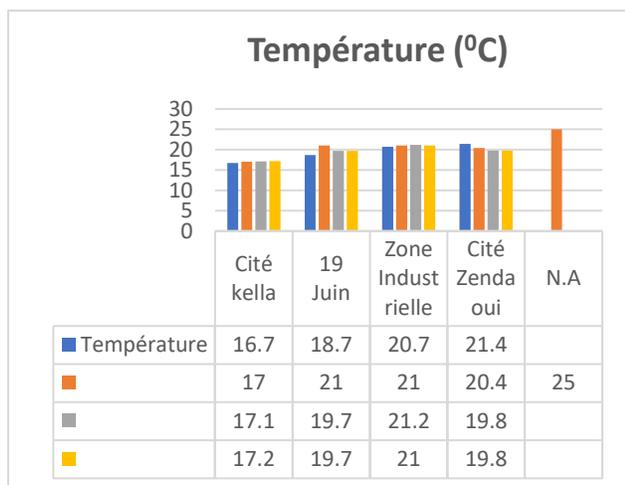


Figure II.30 : Les paramètres de pollution

Nous pouvons voir que les résultats d'analyses du nitrate, sulfate, fer et le phosphate de l'eau sur les trois réservoirs (R5, SP3, Maouna) sont largement inférieures aux normes Algériennes.

En comparant ces valeurs avec celles de l'eau sortant de la station de Hammam Debagh, nous avons remarqué une très grande proximité dans les valeurs, ce qui nous permet conclure qu'il n'y pas de contamination de l'eau, par conséquent elle est propre à la consommation.

II.2.19 Les résultats des paramètres physico-chimiques des différentes sources :



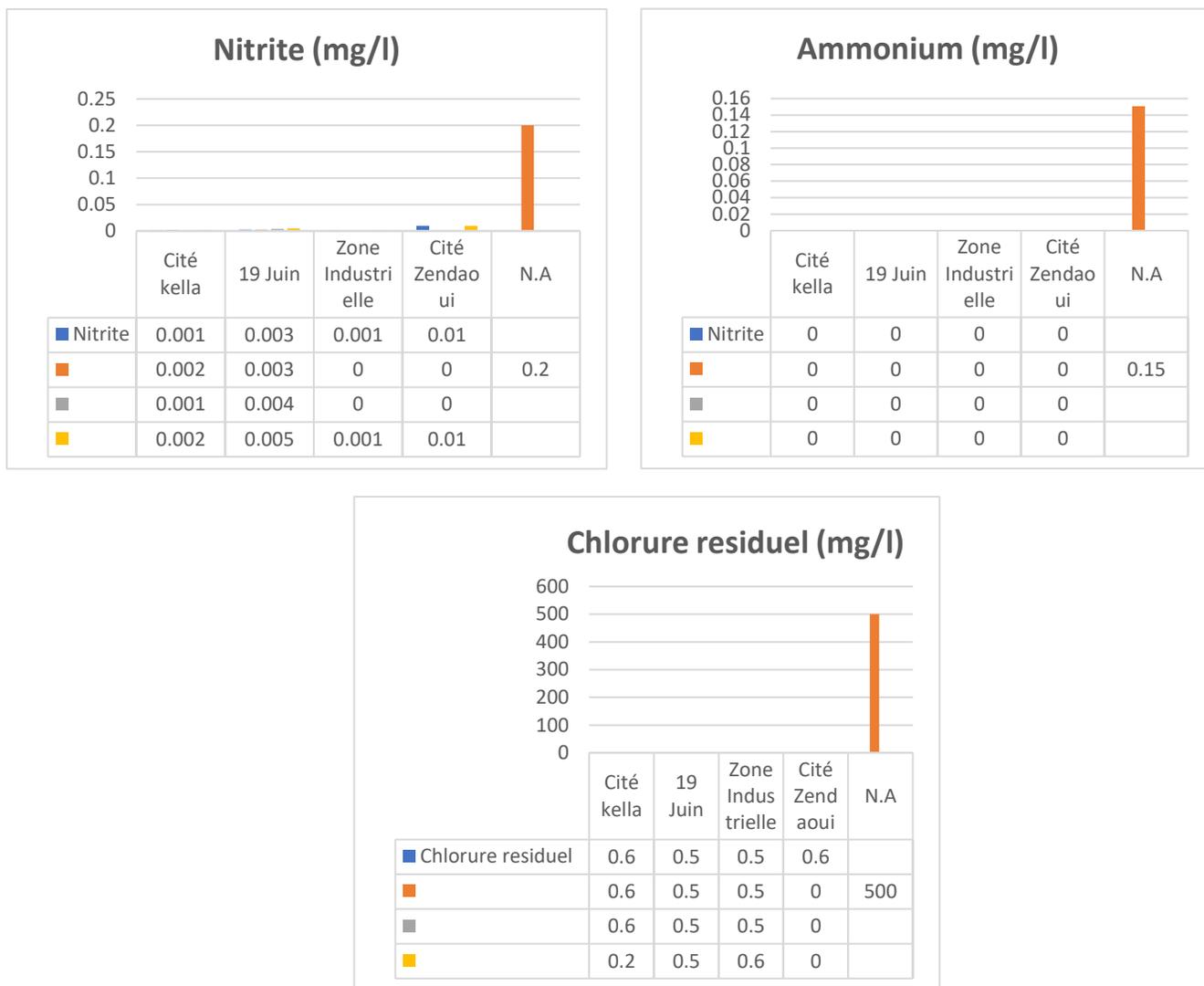


Figure II.31 : Paramètres physico-chimiques de differents sources

D'après les résultats obtenus sur l'ensemble de 4 quartiers on constate une **température** élevée supérieur à 20°C dans la zone industrielle, et Cité Zendaoui, risque de contenir des micro-organismes dans la canalisation et intensifier les odeurs et la saveur.

Pour le **pH** les résultats obtenus pour les 4 quartiers sont très proches de la neutralité.

Les valeurs de la **turbidité** varient entre 0,31 et 3,84 NTU sur l'ensemble des 4 quartiers donc l'eau est bien clarifiée. Il est remarquable de noter que l'eau de la Cité Zendaoui est plus claire puisque la valeur de la turbidité est plus faible que celle des 3 autres quartiers.

Les valeurs pour la **conductivité** sont comprises entre une valeur minimum de 855 $\mu\text{s}/\text{cm}$, pour la cité Khella et un maximum de 967 $\mu\text{s}/\text{cm}$, pour la cité Zendaoui ce qui montre une importante minéralisation.

Les valeurs de **TDS** pour les 4 quartiers sont comprises entre 401 et 450 mg/l, ceci est expliqué par le faible taux de présence de solides dissouts dans l'eau.

Une absence **d'ammonium** est notée, cela confirme l'efficacité des procédés de traitement appliqués, car cet élément réagit avec le chlore et donne de la chloramine. Les valeurs de **nitrate** sont aussi très faibles et l'eau ne présente donc aucun problème de pollution.

Pour la **salinité** des 4 quartiers les valeurs sont comprises entre 0,2 et 0,3 mg/l, l'eau est donc douce.

Enfin nous pouvons remarquer d'une part, que les paramètres sont dans les normes et d'autre part, qu'il n'existe pas une grande variation de ces paramètres d'une cité à l'autre. Ce qui nous amène à conclure que l'eau distribuée dans les réseaux est de bonne qualité.

II.2.20 Jar-test

Principe :

La détermination du taux de coagulant est effectuée à l'aide d'un essai expérimental : « jar-test » qui consiste à mettre des doses croissantes de coagulant dans des récipients contenant la même eau brute. Après quelques instants, nous procédons sur l'eau décantée à toutes les mesures utiles à la qualité de l'eau. La dose optimale est donc déterminée en fonction de la qualité des différentes eaux comparées.

Objectifs :

Les essais jar test servent à évaluer les différents facteurs qui influencent la coagulation/floculation. Ces facteurs sont repris dans le tableau (II.1). Les jar-test ont été utilisés dans l'optimisation du dosage d'aluminium et de polymère pour augmenter le rendement de la décantation primaire.

Tableau II.1 : Les 8 facteurs influençant la coagulation/floculation

	Facteurs
Phase rapide (coagulation)	1) Vitesse de coagulation
	2) Temps de coagulation
	3) Concentration d'aluminium
	4) Temps d'ajout du polymère
Phase lente (floculation)	5) Vitesse de floculation
	6) Temps de floculation
	7) Concentration du polymère
Autres	8) Caractéristiques de l'eau

Matériel

Le matériel nécessaire : un flocculateur avec 6 agitateurs à hélices entraînés par un moteur électrique à vitesse variable et 6 béchers de 1l.

Réactifs : Nous avons besoin de : solution de sulfate d'alumine (coagulant) : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ et solution d'alginate de sodium ou poly-électrolyte de 1g/l (floculant).

Mode opératoire :

Dans chacun des 6 béchers, Nous avons versé un litre d'échantillon d'eau brute à analyser puis nous les avons placés dans le flocculateur. Ensuite nous avons mis en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tr/min, et nous avons ajouté le chlore.

Le test passe par 3 phases distinctes :

- ✓ En premier, la phase de coagulation, qui nécessite une vitesse relativement rapide (100 ppm). On ajoute un coagulant (sulfate 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 ppm), pour permettre un contact suffisant, mais sans casser les floccs en formation, on ajoute un agent floculant (polymère) 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 de matières en suspension qui sont maintenant dans le fond du bécher, est prélevé et analysé. La concentration de MES est mesurée et comparée à celle avant le traitement. Si nécessaire, une mesure de la turbidité, de l'alcalinité et de la conductivité est effectuée avant et après traitement.
- ✓ Nous avons évalué après traitement l'agressivité de l'eau décantée présentant les meilleurs résultats.



Figure II.32 : Jar-test

II.3 Analyse bactériologique :

Dans les milieux aquatiques, les microorganismes tel que les bactéries, les moisissures, jouent un rôle important dans l'évolution de la qualité des eaux.

Les analyses bactériologiques ont pour but de mettre en évidence la présence de bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée.

L'échantillonnage :

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. Il convient d'être très attentif pour éviter toute contamination accidentelle de l'échantillon durant le prélèvement, ce qui implique le respect de règles précises.

Les flacons en verre doivent être stérilisés à 170°C pendant 1 heure, le flacon ne sera jamais complètement rempli afin de permettre l'homogénéisation.

Le plus couramment, le prélèvement est fait au niveau d'un robinet. C'est le cas du contrôle des eaux distribuées avec des prélèvements sur le réseau, dans les lieux publics ou chez des particuliers ainsi que le contrôle sur le site de traitement de l'eau.

Tout flacon d'échantillonnage doit être clairement identifié et accompagné d'informations suffisantes concernant la nature de l'échantillon et les raisons pour lesquelles l'examen est demandé.

La teneur initiale en microorganismes contenus dans l'eau risque de subir des modifications dans le flacon après le prélèvement, c'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible.

II.3.1 Recherche des germes totaux (GT) :

Mode opératoire :

A partir de l'eau à analyser, nous avons porté aseptiquement 20 gouttes dans une boîte de pétri vide, compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA fondue. Ensuite nous avons fait des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Enfin nous avons laissé solidifier les boîtes sur la paillasse.

Incubation :

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture et interprétation :

Les germes totaux se présentent sous forme de colonie lenticulaire. Nous avons calculé le nombre de ces colonies présentes en unité, formant colonie dans un millilitre d'eau (UFC/ml) après 24 et 48 heures.

II.3.2. Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF) :

Mode opératoire :

■ Pour les coliformes totaux :

Nous avons rempli de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser, après nous avons actionné la rampe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane. Puis nous avons retiré la membrane à l'aide d'une pince stérile, et ensemencé la membrane qui renferme les germes, dans une boîte de pétri contenant de la gélose TTC TERGITOL.

■ Pour les coliformes fécaux :

Le protocole consiste à placer, s'il y a des colonies à l'aide d'une pince stérile dans le milieu Schubert.

Incubation :

■ Pour les coliformes totaux :

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

■ Pour les coliformes fécaux (Escherichia coli) :

L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures.

Lecture et interprétation :

Après 24 heures d'incubation à 37°C, nous avons vérifié si les coliformes totaux et fécaux apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou orange et dénombré les colonies. Après 24 heures d'incubation à 44°C, apparition de l'anneau rouge indiquant l'Escherichia coli.

II.3.3. Recherche des streptocoques fécaux :

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et thermotolérants comprennent la méthode par ensemencement en milieu liquide pour les eaux chargées en matières en suspension.

Mode opératoire :

Tout d'abord nous avons stérilisé l'entonnoir à l'aide d'un bec bunsen, après nous avons refroidi avec l'eau à analyser, et enfin nous avons mis en place de façon aseptique une membrane de 0,45 µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.

Incubation

L'incubation se fait à 37 °C pendant 48 heures

Lecture et interprétation

Après 48 heures d'incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, lissé légèrement bombés qui peuvent être dénombrées.

II.3.4 Recherche des analyses anaérobies sulfite-réducteur (ASR) :

Nous avons pris environ 25 ml de l'eau à analyser dans un tube stérile, nous avons chauffé jusqu'à 80 °C pendant 10 minutes dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfite-réductrices éventuellement présentes. Après chauffage nous avons refroidi immédiatement les flacons destinés à l'analyse, sous l'eau du robinet. Nous avons réparti ensuite le contenu de ce tube, dans quatre tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.

Nous avons ajouté environ 20 ml de gélose tryptose sulfite cyclo sérine puis nous avons refroidi à 45±1°C et additionné leur additif spécifique. Ensuite nous avons mélangé doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.

Après nous avons laissé solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes.

Incubation

L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Lecture et Interprétation

La première lecture a été faite après 16 heures car très souvent, les spot des bactéries anaérobies sulfite-réductrices sont envahissantes dans ce cas et l'on se trouvera alors en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions 10^{-1} et 10^{-2} . La deuxième lecture a été faite après 24 heures et la dernière à 48 heures.

Conclusion :

L'eau est indispensable à la vie, sans elle il n'y aurait aucune vie possible sur terre. Le constat est simple, tous les êtres vivants ont besoin d'eau pour exister. Dans notre étude, nous avons étudié la qualité de l'eau du barrage de **Hammam Debagh** distribuée dans la ville de Guelma.

L'étude physico-chimique et bactériologique réalisée au laboratoire de la station de traitement des eaux potables et du laboratoire pédagogique du département, nous a permis de déterminer les caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et organiques de l'eau brute et traitée de la ville de Guelma.

Nous avons obtenu des résultats des différentes étapes du traitement que nous avons mis sous forme de graphes (histogrammes) afin de les comparer aux normes Algériennes utilisées :

Les paramètres physico-chimiques liés à la composition naturelle de l'eau, comme la température, le calcium, les chlorures, et le sulfate, ne dépassent pas les normes.

Les paramètres organoleptiques indiquent que les eaux traitées sont claires.

Du point de vue bactériologique, l'eau distribuée à la ville de Guelma est de bonne qualité (elle n'est pas contaminée par les bactéries analysées), ce qui souligne l'efficacité du traitement effectué au niveau de la station.

Concernant la salinité de l'eau, nous avons remarqué que l'eau souterraine est plus riche en sel dissouts que l'eau superficielle.

Pour la dureté de l'eau, nous avons remarqué que l'eau de source contient un taux plus élevé de calcium, de chlorure, des sels que celui de l'eau superficielle. De là, l'eau de source est généralement plus dure que l'eau superficielle.

Pour la turbidité, nous avons pu constater que l'eau souterraine est moins turbide que l'eau superficielle.

En se basant sur les résultats de ces comparaisons, nous pouvons conclure que l'eau brute ainsi que l'eau traitée sont de bonne qualité.

Références Bibliographiques

- [1] OMS. Directives de qualité pour l'eau de boisson. Volume 2. Critères d'hygiène et documentation à l'appui. 1994.
- [2] MONOD, J. Mémento technique de l'eau Tome 2. Neuvième édition de cinquantenaire. 595-1459P.
- [3] BOUZIANI, M. l'eau de la pénurie à la maladie, Edition Ebean Khaldoum. 2000, P 84.
- [4] GERMAIN, L. le traitement des eaux cinquième édition Dunod. 147 P.
- [5] H. Tarik, O. Chahinez. Caractérisation des sources de la région de yakoures par des méthodes physico-chimiques. Mémoire master université Mouloud Mammer de Tizi-Ouzou, 2017 Pp 37.
- [6] W. Bouridi, S. Fardjallah, N. Saaidia. Traitement et critères de potabilité de l'eau (les normes). Mémoire de master. Université 8 Mai 1945 Guelma, 2017.
- [7] CHADEN, M.H. Evolution de la qualité de l'eau du boisson supérieur de la livière du litani, libani. Approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de lorraine. Pp 95.
- [8] G. Widad, R. Meriem. Caractéristique physico-chimique de l'eau potable de la région de M'sila (Dréat, souamaa, Newara). Mémoire de master université Mohamed Boudiaf-M'sila. Pp 85.
- [9] A. Nora, R.Souhila. Qualité physico-chimique des eaux du barrage Hammam Debagh Guelma, mémoire de master. Université badji Mokhtar Annaba. 2018, Pp 65.
- [10] A. Merien, G. Yasmina. Contrôle de qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la région de Bordj Bou Aréridj. Mémoire de master université Mohmed el Bachir El-Ibrahimi-Bordj. 2013, Pp 87.
- [11] C. Redouane, M.Sara. M. Farida. Suivi de quelques paramètres physicochimiques et bactériologiques dans les eaux du barrage et l'oued de Bouhamdane. Mémoire master université 8 Mai 1945 Guelma. 2009.
- [12] ANONYME. Manuel de qualité des eaux de surface édition ADE, 1996.
- [13] ANONYME. Traitement des eaux de surface. Edition ADE, 2002.
- [14] DEGREMONT. Mémento technique de l'eau, Technique et documentation. Tome 1, 1989, P :5, 24-25.
- [15] M. Assia, O. Rania. Etude des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux du barrage de Boukourdane. Mémoire de master université Blida. 2017, Pp 59.
- [16] KRAVITS. J, NYAPHISI. M, MANDEL. R, PETERSEN E. Examen bactériologique quantitatif des réservoir d'eau à usage domestique. Edition OMS. 2000.
- [17] A. Meryem, B. yasmine. Analyse de la qualité des eaux de station de Hammam Debagh. Mémoire master. Université 8 Mai 1945 Guelma. 2021, Pp 52.
- [18] B. Asma, B. Imen, B. Ahlan. La qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de surface de Guelma. Mémoire master, université 8 Mai 1945 Guelma. 2009, Pp 66.

[19] F. Inken. Les étapes de traitement des eaux et contrôle de qualité. Mémoire de licence. Université Sidi Mohamed Abdellah, 2015.

[20] MONDEL EAU. B. optimisation de la décantation primaire par ajout de produits chimiques - Jar teste, Université Laval. Institut supérieur industriel de Bruxelles, Canada. 2012, pp 64.

Annexe 01

Tableau 1 : les resultats physico-chimiques de l'eau brute et traitée au cours du mois de mars (Guelma)

Les paramètres	Entrée station sp1 (eau brute)	Les normes (eau brute)	Sortie reservoir sp2 (eau traitée)	Les normes (eau traitée)
Ph	8,31	6,5 - 9	8,30	6,5 - 9
Temperature (°C)	9,6	25	9,9	25
Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	837	2800	850	2800
Turbidité (NTU)	10,2	5	1,34	5
TH (°F)	29,6	500	29,6	500
TA (°F)	0	8	0	8
TAC (°F)	14,1	500	14	500
Ca ²⁺ (mg/l)	72,09	200	72	200
Mg ²⁺ (mg/l)	28,19	50	28	50
Cl ⁻ (mg/l)	99,4	600	99	500
MES (mg/l)	3,5	30	0	30
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,015	0,2	0	0,2
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,019	4	0	0,5
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	112,5	400	128	400
PO ₄ ²⁻ (mg/l)	0	5	0	5
NO ₃ ⁻ (mg/l)	1,64	50	2	50
Fer (mg/l)	0,05	0,5	0	0,3
Al ³⁺ (mg/l)	-	-	0,2	0,2

Annexe 02

Tableau 02 : Les résultats Physico-chimique du réservoir (Guelma)

Les paramètres	R5: 1	SP3: 2	Maouna: 3	Les normes
NH_4^+	00	00	00	0,15 mg/L
NO_3^+	1,319	1,626	1,581	50 mg/L
SO_4^{2-}	144,5	136,5	111	400 mg/L
PO_4^{3-}	00	00	00	0,5 mg/L
Fe^{2+}	0,02	0,02	0,03	0,5 mg/L

Annexe 03

Tableau : 03 Les résultats des paramètres physico-chimiques des différents quartiers de Guelma

Les paramètres	Cité kella		Zone Industrielle	Cité Zendaoui	19 juin	Norme Algérienne
T°C	E1	16,7	20,7	21,4	18,7	25°C
	E2	16,8	20,8	20,4	20,7	
	E3	17,1	21,2	19,8	19,7	
	E4	17,2	21	19,8	19,7	
Turbidité	E1	1,19	0,66	0,55	3,49	5 NTU
	E2	0,97	2,21	0,31	3,04	
	E3	2,96	0,58	0,31	3,68	
	E4	2,39	1,12	1,26	3,84	
PH	E1	7,67	7,23	7,51	8,38	6,5 - 9
	E2	7,56	7,30	7,33	8,50	
	E3	8,15	7,22	7,27	8,37	
	E4	8,20	7,27	7,45	8,40	
Conductivité	E1	946	958	922	857	2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$
	E2	909	965	967	860	
	E3	855	958	963	861	
	E4	855	948	916	862	
TDS	E1	446	450	433	403	2800 μs
	E2	427	454	454	404	
	E3	401	450	453	404	
	E4	402	446	431	405	
Salinité	E1	0,2	0,3	0,3	0,2	/
	E2	0,2	0,3	0,3	0,2	
	E3	0,2	0,3	0,3	0,2	
	E4	0,2	0,3	0,2	0,2	
NO ₂ ⁻	E1	0,001	0,001	0,01	0,003	0,2 mg/l
	E2	0,002	00	00	0,003	
	E3	0,001	00	00	0,004	
	E4	0,002	0,001	001	0,005	
NH ₄ ⁺	E1	00	00	00	00	0,15 mg/l
	E2	00	00	00	00	
	E3	00	00	00	00	
	E4	00	00	00	00	
Chlore résiduel	E1	0,6	0,5	0,6	0,5	500 mg/l
	E2	0,6	0,5	00	0,5	
	E3	0,6	0,5	00	0,5	
	E4	0,2	0,6	00	0,5	

Annexe 04

Tableau 04 : Les résultats des paramètres bactériologiques des différents quartiers

Les paramètres	Cité kella		Zone Industrielle	Cité Zenda oui	19 juin	Norme Algérienne
	E1	E2				
CT (UFC/100 ML)	E1	00	00	00	00	0
	E2	00	00	00	00	
	E3	00	00	00	00	
	E4	00	00	00	00	
CTT (UFC/100 ML)	E1	00	00	00	00	0
	E2	00	00	00	00	
	E3	00	00	00	00	
	E4	00	00	00	00	
SF (UFC/100 ML)	E1	00	00	00	00	0
	E2	00	00	00	00	
	E3	00	00	00	00	
	E4	00	00	00	00	
GT á 37°C (UFC/ML)						10