



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de L'éducation supérieure et la recherche scientifique
جامعة شاذلي بن جديد الطارف
Université of Chadli Bendjedid
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des sciences de la technologie
قسم الكيمياء
Département : chimie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie Analytique

Thème

**Comparaison de la qualité physicochimique et bactériologique des
eaux traitées par les deux stations Mexa (Barrage Mexa) et Chaïba
(Barrage Chafia).**

Présenté par:

MERDACI Rayane

Devant le Jury :

Présidente : BELAID Soraya

MCB

Univ Chadli Bendjedid El Tarf

Encadreur : OTMANE RACHEDI Khadidja

MCB

Univ Chadli Bendjedid El Tarf

Examineur : AIT BARA Adel

MCA

Univ Chadli Bendjedid El Tarf

Année universitaire 2023-2024

SOMMAIRE

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
Liste des tableaux.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des photos.....	V
Symboles et abréviations.....	VI
Introduction générale.....	1

CHAPITRE I

Caractéristiques de l'Eau

I.1. Propriétés organoleptiques.....	4
I.2. Caractères physico-chimiques.....	5
I.2.1. Température.....	5
I.2.2. Potentiel Hydrogène (pH).....	5
I.2.3. Conductivité électrique (EC).....	5
I.2.4. Matières en suspension (MES).....	6
I.2.5. Dureté de l'eau (ou titre hydrométrique (TH)).....	6
I.2.6. Salinité.....	6
I.2.7. Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC).....	6
I.3. Principaux éléments présents dans l'eau.....	6
I.3.1. Le chlorure (Cl^-).....	6
I.3.2. Le calcium (Ca^{2+}).....	7
I.3.3. Le magnésium (Mg^{2+}).....	7
I.3.4. Les phosphates (PO_4^{-3}).....	7
I.3.5. Les sulfates (SO_4^{-2}).....	7
I.4. Éléments indicateurs de pollution.....	7
I.4.1. Les éléments nutritifs.....	7
I.4.2. l'oxygène dissous.....	8

I.4.2.1. La DCO (Demande chimique en oxygène).....	8
I.4.2.2. La DBO (Demande biochimique en oxygène).....	9
I.4.3. Les éléments de traces métalliques (ETM).....	9
I.5. Eaux destinées à la consommation humaine.....	10
I.5.1. Eaux souterraines.....	10
I.5.2. Eaux de surface ou superficielles.....	10
Référence bibliographique.....	11

CHAPITRE II

Propriétés Bactériologiques de l'Eau

II.1. Les sources de pollution.....	13
II.1.1. Les polluants chimiques.....	13
II.1.1.1. Les éléments chimiques minéraux et les métaux lourds.....	13
II.1.1.2. Les polluants organiques toxiques.....	14
II.1.2. Les polluants biologiques.....	14
II.2. Micro-organismes pathogènes dans l'eau.....	14
II.2.1. Les indicateurs de contamination fécale.....	14
II.2.1.1. Les coliformes fécaux (CF).....	14
II.2.1.2. Les streptocoques fécaux (SF).....	17
II.2.1.3. Coliformes totaux (CT).....	18
II.3. Maladie a transmission hydrique MTH.....	18
II.3. 1. La fièvre typhoïde.....	19
II.3. 2. Le Choléra.....	19
II.3. 3. Hépatites virales A et E.....	19
II.4. Prélèvement d'un échantillon d'eau pour une analyse bactériologique.....	19
Référence bibliographique.....	21

CHAPITRE III

Matériels et Méthodes

III.1.Présentation et description de la zone d'étude.....	23
III.1.1.Situation géographique de station de traitement de Mexa.....	23

III.1.2. Situation géographique de station de traitement de Chaiba.....	23
III.2. Matériel et Méthodes.....	23
III.2.1. Matériels pour les analyses physico-chimiques.....	23
III.2.2. Prélèvement et analyses physico-chimiques.....	24
III.3. Méthode d'analyse.....	24
III.3.1. Analyse physico-chimique.....	24
III.3.1.1. Mesure de la température.....	24
III.3.1.2. Mesure de PH.....	24
III.3.1.3. La conductivité.....	25
III.3.1.4. La turbidité.....	25
III.3.1.5. La dureté (TH).....	25
III.3.1.6. Titre alcalimétrique simple (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC).....	26
III.3.1.7. Dosage de calcium.....	27
III.3.1.8. Dosage des chlorures.....	28
III.3.1.9. Dosage de l'anhydride carbonique.....	29
III.3.1.10. Dosage de phosphore.....	30
III.3.1.11. Dosage d'ammonium.....	30
III.3.1.12. Dosage du fer.....	31
III.3.1.13. Dosage Nitrite.....	32
III.3.1.14. Préparation des solutions étalons.....	32
III.3.2. Analyses bactériologiques.....	33
III.3.2.1. Mode de prélèvement et transport.....	33
III.3.2.2. Méthode de réalisation d'analyse bactériologique.....	34
Référence bibliographique.....	36

CHAPITRE IV

Résultats et Discussions

IV.1. Résultats de l'analyse physico-chimique.....	37
IV.2. Expression des Résultats.....	38
IV.2.1. Variation du pH.....	38
IV.2.2. Variation de la température.....	39

IV.2.3. Variation de la conductivité électrique.....	39
IV.2.4. Variation de la turbidité.....	40
IV.2.5. Variation du TAC.....	40
IV.2.6. Variation de TH.....	41
IV.2.7. Variation de la teneur du Calcium.....	41
IV.2.8. Variation de la teneur de Magnésium.....	42
IV.2.9. Variation de la teneur d'Ammonium.....	42
IV.2.10. Variation de la teneur des Nitrites.....	42
IV.2.11. Variation de la teneur du Phosphore.....	42
IV.2.12. Variation de la teneur de Fer total.....	43
IV.2.13. Variation de la teneur du CO ₂ total.....	43
IV.2.14. Variation de la teneur du CO ₂ libre.....	43
IV.2.15. Variation de la teneur du Chlorure.....	44
IV.3. Résultats d'analyses bactériologiques.....	44
IV.3.1. Résultats de dénombrements du microorganisme de l'eau.....	44
IV.3.1.1. Variation de coliformes fécaux ou CF (UFC/100ml).....	45
IV.3.1.2. Variation de coliformes totaux ou CT (UFC/100ml).....	45
IV.3.1.3. Variation de streptocoques fécaux ou SF (UFC/100ml).....	45
Conclusion générale.....	47

Remerciement

Je remercie en premier lieu ALLAH le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il m'a donné pour l'achèvement de cette mémoire, il a été et sera toujours à côté de moi pour réussir à terminer ce modeste travail.

Il me sera très difficile de remercier tout le monde car c'est grâce à l'aide de nombreuses personnes que j'ai pu mener ce travail à son terme.

Je voudrais tout d'abord remercier vivement Dr. OTMANE RACHEDI Khadidja pour la confiance qu'elle m'a accordée en acceptant d'encadrer mon travail. Je lui suis reconnaissante pour le temps qu'elle a consacré me diriger afin de le réaliser. Je lui remercie aussi pour son aide, son soutien moral et ses conseils tout au long de ce projet.

J'adresse mes sincères remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail, Dr. AITBARA Adel d'avoir accepté l'examiné et Dr. BELAID Soraya d'avoir accepté présidé ce jury.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur MEHAMDIA Nacer de m'avoir accueilli dans son laboratoire et pour la confiance et l'aide qu'il m'a accordé, ainsi que toute l'équipe du laboratoire d'ADE d'ANNABA pour l'accueil cordial. Je n'aurais pas pouvoir réaliser les expérimentations sans leurs aide.

Un grand merci aux enseignants du département de chimie pour leurs efforts dans ma formation tout au long de mon cursus universitaire.

Enfin mes remerciements s'adressent aussi à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et leur encouragement.

Dédicace

À mes plus grands soutiens et sources d'inspiration, je dédie ce modeste travail avec tout mon amour et ma reconnaissance infinies.

À mon père qui m'a appris l'importance du travail acharné, de la persévérance et de l'honnêteté, je suis reconnaissante pour tes conseils avisés et ton soutien sans faille. Tu m'as inspiré à viser plus haut et à poursuivre mes rêves. Je te suis infiniment reconnaissante pour ton soutien indéfectible, ta confiance en moi et ton amour.

À ma mère qui a toujours été mon port d'attachement et ma boussole, merci pour ton amour inconditionnel, ton dévouement et ton soutien inébranlable. Tu as été la lumière qui a éclairé mon chemin dans les moments sombres et tu as toujours cru en moi, même lorsque je doutais.

*À mon frère **Khalil Ramy** ainsi qu'à ma sœur adorée **Marwa**, merci pour votre soutien constant, votre humour contagieux et votre présence réconfortante. Vous êtes ma source de joie et de bonheur, et je suis fière de vous avoir dans ma vie.*

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau III.1	Matériels et appareillage utilisé pour les analyses physico-chimiques	23
Tableau III.2	Produits employés pour préparer les solutions tampons	33
Tableau III.3	Mode et durée de conservation des solutions mère préparés	33
Tableau IV.1	Résultats de l'analyse physico-chimique des eaux traitées (ET) et brutes (EB) de deux stations de traitement (Chaiba et Mexa).	37
Tableau IV.2	Dénombrements des (GT), (CTF) et (SF) des échantillons des eaux traitées (ET) et brutes (EB) de deux stations de traitement (Chaiba et Mexa).	44

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure I.1	Définition des eaux souterraines	10
Figure II .1	<i>Escherichia coli</i>	15
Figure II .2	<i>Citrobacter</i>	16
Figure II .3	<i>Enterobacter</i>	16
Figure II .4	<i>Klebsiella</i>	17
Figure II .5	Streptocoques fécaux	18
Figure II .6	Coliformes totaux	18
Figure III.1	Dénombrement des Coliformes totaux et Coliformes fécaux	35
Figure IV.1	Variation du pH pendant les trois mois d'étude.	38
Figure IV.2	Variation de température pendant les trois mois d'étude	39
Figure IV.3	Variation de CE pendant les trois mois d'étude	39
Figure IV.4	Variation de la turbidité pendant les trois mois d'étude	40
Figure IV.5	Variation du TAC pendant les trois mois d'étude	40
Figure IV.6	Variation du TH pendant les trois mois d'étude	41
Figure IV.7	Variation du calcium pendant les trois mois d'étude	41
Figure IV.8	Variation du Mg^{2+} pendant les trois mois d'étude	42
Figure IV.9	Variation de la teneur du CO ₂ total pendant les trois mois d'étude	43
FigureIV.10	Variation du CO ₂ libre pendant les trois mois d'étude	43
Figure IV. 11	Variation de la teneur du chlorure pendant les trois mois d'étude	44
Figure IV. 12	Variation de CF pendant les trois mois d'étude	45
Figure IV.13	Variation de CT (UFC/100ml) pendant les trois mois d'étude	45
Figure IV.14	Variation de SF (UFC/100ml) pendant les trois mois d'étude	46

Liste des photos

N°	Titre	Page
Photo.III.1	Station de traitement des eaux « Chaiba »	23
Photo.III.2	Le multiélément employé au cours de l'analyse	24
Photo.III.3	Le pH-mètre employé au cours de l'analyse	24
Photo.III.4	Le turbidimètre employé au cours de l'analyse	25
Photo.III.5	Dosage de la concentration du calcium et magnésium	26
Photo.III.6	Détermination des paramètres TA/TAC	27
Photo.III.7	Détermination de calcium	28
Photo.III.8	Dosage de chlorure	29
Photo.III.9	Dosage de l'anhydride carbonique	29
Photo.III.10	Dosage de Phosphore	30
Photo.III.11	Dosage d'ammonium	31
Photo.III.12	Dosage de fer	32
Photo.III.13	Dosage de nitrite	32

Liste des abréviations

A

AgCl : Chlorure d'argent

Ag₂CrO₄ : Chromate d'argent

C

Ca²⁺ : Calcium

CE : Conductivité électrique

CF : Coliformes fécaux

Cl⁻ : Ion Chlorure

CMA : Concentration maximale acceptable

CO₃²⁻ : Carbonates

CT : Coliformes totaux

C₃Cl₂N₃O₃.Na : Dichoroisocyanurate de sodium

D

DBO : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

E

EB : Eaux brute

EDTA : Ethylène diamine tétra acétique

ET : Eaux traitée

ETM : Eléments de traces métalliques

F

°F : Degrés français

H

HCO₃⁻ : Bicarbonates

HSN : Hexseptnilium

J

JORA : Journal officiel de la république algérienne

K

K₂CrO₄ : Chromate de potassium

M

MES : Matières en suspension

Mg²⁺ : Magnésium

MTH : Maladie a transmission hydrique

μS/cm : Micro-siemens par centimètre

N

NaClO : Hypochlorite de sodium

NaOH : Hydroxide sodium

Na₂S₂O₃ : Thiosulfate de sodium

NET : Noir ériochrome T

NH₄⁺ : L'Ammonium

NO₂⁻ : Les Nitrites

NO₃⁻ : Les Nitrates

NTU : Néphélométriques de turbidité

O

OH⁻ : Hydroxydes

OMS : L'organisation mondiale de la santé

P

pH : Potentiel Hydrogène

PO₄⁻³ : Les phosphates

S

SF : Streptocoques fécaux

S/m : Siemens par mètre

SNC : Système nerveux central

SO₄⁻² : Les sulfates

STEP : Station d'épuration

T

TA : Titre alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TH : Titre hydrométrique

U

UE : L'union européenne

UFC/100 ml : Unité formant colonie par 100 millilitre.

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les micros organismes. Sans l'eau, la vie sur terre n'aurait jamais existé, donc c'est un élément noble qu'on doit le protéger pour les générations futures [1]. Cet élément en tant que liquide est considérée comme un solvant universel, il se congèle à 0° C et devient vapeur à 100°C qui est sa température d'ébullition. Concernant ses principales caractéristiques il est inodore, incolore et sans goût [2].

Les besoins en eau de bonne qualité et en quantité suffisante ont augmenté avec la croissance démographique et le développement industriel, particulièrement en Algérie, ce qui a poussé les différents gouvernements à trouver des solutions durables. Dans cette quête de l'eau et la recherche de la satisfaction des besoins en maintien de la qualité de l'eau potable.

Le problème de la pollution des eaux présente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement. Plusieurs types de pollution peuvent affecter un cours d'eau tel que la pollution physique qui se traduisant en une altération de la transparence de l'eau (présence de matières en suspension), la pollution chimique qui due à la présence de substances chimique indésirables (détergent) ou toxiques (métaux) et la pollution biologique qui résulte de la présence des bactéries et des virus pouvant affecter la santé humaine [3]. Le traitement des eaux consiste à réduire la pollution présente dans l'eau, ce traitement est principalement utilisé dans le cadre de l'épuration des eaux. Le type de dépollution appliqué à l'eau est défini par la nature de la pollution à traiter. Le laboratoire d'analyse a un rôle très important dans le suivi d'une station de traitement car c'est lui qui doit confirmer la potabilité de l'eau après traitement et anticiper toutes les étapes nécessaires avant cette opération à l'aide des analyses pour l'obtention des résultats demandés.

L'objectif de notre travail est de suivre l'évolution des paramètres bactériologiques et physico-chimiques (Température, pH, conductimétrie électrique, turbidité, TAC, TH, CO₂ libre et total) ainsi que la teneur de quelques éléments chimiques (Chlorure, Ca⁺², Mg⁺², NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄⁻³, Fe⁺²) des eaux potables des deux stations de traitement (Mexa et Chaïba), ces deux stations sont alimentées respectivement par le Barrage de Mexa et le Barrage de Chafia. Ces paramètres sont ensuite comparés avec les normes du journal officiel de la république algérienne (JORA). Notre étude a été élaborée au sein du laboratoire central de l'Algérie pendant trois mois (Janvier, Février et Mars) de l'année 2024.

Notre manuscrit est structuré en quatre grands chapitres, le premier chapitre consiste à l'étude des caractéristiques de l'eau telles que les propriétés organoleptiques et physico-chimiques, les principaux éléments présents dans l'eau et les éléments indicateurs de

pollution ainsi que les eaux destinées à la consommation humaine. Le deuxième chapitre est un aperçu bibliographique sur les propriétés bactériologiques de l'eau. Le troisième et le quatrième chapitre sont consacrés respectivement aux matériels et méthodes utilisés au cours de ce travail ainsi que la discussion des résultats trouvés.

- [1] Henri, L. L'eau Potable. Éd. réimprimée, **2012**.
- [2] Gerard, G. L'eau, milieu naturel et maîtrise. Éd. INRA, vol. 1, **1999**.
- [3] Rabetafika, H. N., Paquot, M., Janssens, L., Castiaux A. Développement durable et ressources renouvelables. La politique scientifique fédérale, 1, Bruxelles, Belgique. **2006**.



Chapitre I
Caractéristiques de l'Eau

L'eau est l'aliment le plus contrôlé et réglementé à l'échelle nationale et internationale. La qualité de l'eau est un paramètre important qui touche à tous les aspects du bien-être des écosystèmes et de l'homme tels que la santé d'une communauté, les denrées alimentaires à produire, les activités économiques, la santé des écosystèmes et la biodiversité. En conséquence, la qualité de l'eau a également une influence sur la détermination des niveaux de pauvreté, de richesse et d'éducation de l'homme.

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau.

Concernant l'évaluation de la qualité des eaux de surface, Cette qualité est évaluée en mesurant différents types de paramètres.

I.1. Propriétés organoleptiques

✓ La Couleur

Cette analyse consiste en la détermination de l'intensité de la couleur brun jaunâtre d'un échantillon par comparaison visuelle avec une série de solution étalons. La couleur est exprimée en mg/l de platine (Pt) représentant l'intensité de la couleur produite par les solutions étalons [1].

✓ Le goût et l'odeur

La saveur est le terme utilisé pour décrire la sensation ressentie dans la bouche lors de l'absorption de nourriture ou d'un liquide. Elle peut être décrite comme l'addition des composantes de l'odeur, du goût d'une eau et du facteur d'impression. Quatre goûts de base peuvent être perçus par l'humain (sucré, salé, aigre et amer). Les goûts salés et aigres sont occasionnés surtout par des molécules ioniques tandis que les deux autres sont généralement attribuables à des molécules organiques. Cependant, c'est l'odeur qui joue un plus grand rôle dans la perception des substances responsables des goûts et des odeurs.

L'arrière-goût est aussi un aspect important dans l'étude des goûts et odeurs. Il est décrit comme étant la sensation qui reste en bouche 15 secondes après la consommation d'un liquide ou de nourriture. Généralement, la persistance de l'arrière-goût est directement proportionnelle à la température du liquide ou d'aliment. L'identification et la quantification des composés responsables des goûts et odeurs est une étape essentielle pour identifier leur origine. Elle permet également d'identifier des stratégies pour les éliminer [2].

✓ Turbidité

La turbidité peut être définie comme une diminution de la transparence d'une solution due à la présence de substances en suspension et de certaines substances dissoutes, ce qui provoque la diffusion, la réflexion et l'atténuation de la lumière incidente plutôt que sa transmission en lignes droites; plus l'intensité de la lumière diffusée ou atténuée est élevée, plus la valeur de la turbidité est élevée. Elle peut être exprimée en unités néphélométriques de turbidité (NTU). Selon la méthode utilisée, les unités de turbidité en NTU peuvent être définies comme l'intensité de la lumière à une longueur d'onde spécifiée, diffusée ou atténuée par les particules en suspension ou absorbée selon un angle spécifié par la méthode, généralement 90 degrés, par rapport au trajet de la lumière incidente comparée à un étalon synthétique préparé chimiquement [3].

I.2. Caractères physico-chimiques

I.2.1. Température

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques. Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes. A cause de l'importance de ce paramètre comme facteur écologique, il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision [4].

I.2.2. Potentiel Hydrogène (pH)

Ce paramètre exprime la concentration en ion H^+ d'une solution, c'est-à-dire l'alcalinité ou l'acidité d'une eau. Par définition le pH est le logarithme décimal de l'inverse de la concentration des ions H^+ , sa relation de calcul est comme suit :

$$pH = - \text{Log} [H^+] \quad (I.1)$$

Comme il est montré dans le tableau I.1, l'échelle du pH varie de 0 à 14 en fonction de la force ionique.

Tableau I.1 : variation du pH en fonction de force ionique [5].

Concentration ionique	pH	Milieus de l'eau
$[H^+] < [OH^-]$	$pH > 7$	Eau basique
$[H^+] > [OH^-]$	$pH < 7$	Eau acide
$[H^+] = [OH^-]$	$pH = 7$	Eau neutre

I.2.3. Conductivité électrique (EC)

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. Elle varie en fonction de la température, ce paramètre est lié à la concentration et

à la nature des substances dissoutes. En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique qui conduit peu [6].

I.2.4. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension (MES) sont des particules d'origine minérale et organique caractérisées par une faible taille et/ou densité, ce qui leur permet de se déplacer dans les cours d'eau sans toucher au fond [7].

I.2.5. Dureté de l'eau (ou titre hydrométrique (TH))

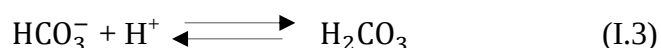
La dureté d'une eau (TH) correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de CaCO_3 par litre [8].

I.2.6. Salinité

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires [9].

I.2.7. Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)

L'alcalinité d'une eau se définit comme sa capacité à réagir avec un acide. Elle est due principalement à la présence des ions carbonates (CO_3^{2-}), bicarbonates (HCO_3^-) et hydroxydes (OH^-). La mesure de l'alcalinité totale est augmentée par des apports d'origine urbaine (phosphates, ammoniac, matières organiques) ou industrielle (apports de produits basiques ou acides). Par définition le titre alcalimétrique (TA) correspond à la neutralisation des ions hydroxydes et à la transformation des ions carbonates en hydrogénocarbonates (HCO_3^-) par un acide fort (équation I.2). En revanche le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la neutralisation par acide fort des ions hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates (équation I.3) [10].



I.3. Principaux éléments présents dans l'eau

I.3.1. Le chlorure (Cl^-)

Ces ions sont largement répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl); ils représentent environ 0,05% de la lithosphère [11].

I.3.2. Le calcium (Ca^{2+})

Cet élément est le cinquième élément le plus abondant dans la nature. Il s'introduit dans le système d'eau douce sous l'action de la météorisation des roches, particulièrement celle des roches calcaires, et par entraînement à partir du sol dans les eaux d'infiltration, par lixiviation et par ruissellement [12].

I.3.3. Le magnésium (Mg^{2+})

C'est un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau et donne un goût désagréable [13].

I.3.4. Les phosphates (PO_4^{-3})

Le phosphate est un élément essentiel à la vie aquatique. Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Elles sont considérées comme principal responsables du phénomène d'eutrophisation des eaux de surface, les fortes concentrations en phosphates rencontrées dans l'estuaire indiquent un enrichissement d'origine domestique et agricole, ainsi que des apports directs des activités industrielles. Avec l'azote, les phosphates forment les nutriments qui contribuent au développement du plancton végétal printanier [14].

I.3.5. Les sulfates (SO_4^{-2})

Les eaux naturelles contiennent pratiquement toujours des sulfates, en proportion très variables. Leur présence résulte de la solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (les pyrites). La forte concentration en sulfates provoque de troubles gastro-intestinaux ; aussi elles peuvent donner un goût désagréable [15]. L'organisation mondiale de la santé (OMS) recommande comme valeur limite 250 mg/L. L'union européenne (UE) indique un niveau guide de 25 mg/L et une concentration maximale admissible de 250 mg/L [16].

I.4. Éléments indicateurs de pollution

I.4.1. Les éléments nutritifs

Parmi ces éléments on peut trouver l'azote à l'état naturel dans l'air, l'eau et le sol. Cet élément est indispensable à tous les organismes vivants, il est constamment recyclé dans l'environnement grâce à divers processus : fixation, assimilation, ammonisation, nitrification, dénitrification...etc., c'est un cycle qui transforme chimiquement l'azote en nitrate, nitrite, ammoniac ou en substance organique. Les effets sur l'environnement

varient selon ses formes, dont la présence dans le fumier dépend d'un certain nombre de conditions (nature et durée de l'entreposage, nature des épandages, température,...) [17].

✓ **Les Nitrites (NO_2^-)**

Les nitrites sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrite par les bactéries du genre *Nitrosomonas* [18].

✓ **Les Nitrates (NO_3^-)**

Ce sont abondamment répandus dans le sol, dans la plupart des eaux et dans les plantes ou ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Sans apport artificiel, les eaux de surface ne contiennent pas plus de 10 mg/L de nitrates [19].

✓ **L'Ammonium (NH_4^+)**

La présence d'ammonium en quantité importante est un indice de contamination par des rejets d'origine humaine ou industrielle. Les urines humaines ou animales contiennent en effet de grandes quantités qui se transforment rapidement en ammoniaque. Ce paramètre est souvent utilisé comme traceur des eaux usées domestiques [20].

I.4.2. L'oxygène dissous

Le terme oxygène dissous est communément employé pour "dioxygène dissous". Lorsque l'on parle de cette mesure on fait exclusivement référence à l'oxygène moléculaire (O_2) [21]. L'oxygène dissous est essentielle pour la respiration des organismes vivants hétérotrophes. La concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans l'eau est exprimée en mg/L. Le dioxygène dissous provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène (au maximum 9 mg /L à 20°C). Il dépend de nombreux facteurs comme la température de l'eau, le taux des éléments dissous dans le milieu, ainsi que la pression partielle en oxygène dans l'atmosphère. De plus, la présence des quantités importantes de matières organiques dans les eaux souvent d'origine anthropique, peut provoquer un déficit d'oxygène dissous dans le milieu aquatique. Cela est lié à la consommation de l'oxygène du milieu par les microorganismes qui dégradent des matières organiques [22].

I.4.2.1. La DCO (Demande chimique en oxygène)

La dégradation des matières organiques (d'hydrates de carbone, de matières protéiques, d'acides aminés, de lipides et autres substances de réserves) déversées dans les cours d'eau entraîne une consommation de l'oxygène dissout dans l'eau. Cela se fait au

détriment des organismes vivants et peut entraîner ainsi l'asphyxie du milieu. La pollution par les matières organiques est provoquée par les rejets industriels (industries chimiques, pétrolières, agro-alimentaires, ...) et les rejets des populations urbaines. L'importance de cette pollution dans un effluent peut être évaluée par la demande chimique en oxygène (DCO). La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une station d'épuration (STEP) et l'activité des microorganismes.

I.4.2.2. La DBO (Demande biochimique en oxygène)

La demande biochimique en oxygène (DBO) est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques. La détermination de la DBO sert à évaluer la concentration des polluants organiques dans les entrées et sorties de station d'épuration biologique, c'est-à-dire à mesurer le rendement. La mesure de la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes sur une période de 5 jours (DBO_5) est faite selon la méthode manométrique basée sur le principe du respiromètre de WARBURG au cours duquel la respiration de la biomasse est directement mesurée par un appareil. Un volume d'échantillon est placé dans des flacons à bouchon rodé [23].

I.4.3. Les éléments de traces métalliques (ETM)

Ce sont des polluants engendrés dans la plupart du temps par l'activité humaine. Ils ont un impact toxicologique sur les végétaux, les produits de consommation courantes et sur l'homme. En raison de leur toxicité et de leur accumulation dans l'environnement aquatique, la pollution des écosystèmes aquatiques par les éléments de traces métalliques demeure un problème d'actualité et fait l'objet d'une attention particulière dans plusieurs pays à travers le monde [24]. Ces éléments peuvent être subdivisés en deux groupes qui sont comme suit :

- ✓ **Oligo-élément**

Ce sont des éléments indispensables au déroulement de processus biologiques. Par exemple le chrome (Cr^{+3}) est essentiel au métabolisme de glucose dans le corps humain [25]

- ✓ **Éléments toxiques**

Ce sont des éléments ayant un effet nocifs sur un organe. Par exemple Le chrome (Cr^{+6}) est considéré comme cancérogène [25].

I.5. Eaux destinées à la consommation humaine

Les eaux destinées à la consommation humaine ont une double origine : eaux souterraines et eaux de surface ou superficielles.

I.5.1. Eaux souterraines

On entend par « eau souterraine » l'eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du socle rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels les sables et les graviers. Ces eaux proviennent de nappes souterraines plus ou moins profondes et sont captées par forage ou par des puits. Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas canalisée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain. L'eau souterraine est une composante importante du cycle hydrologique (figure I.1) ; l'eau provenant des précipitations s'infiltré dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique) et se déplace vers la zone naturelle de résurgence (les cours d'eau) située en aval [26].

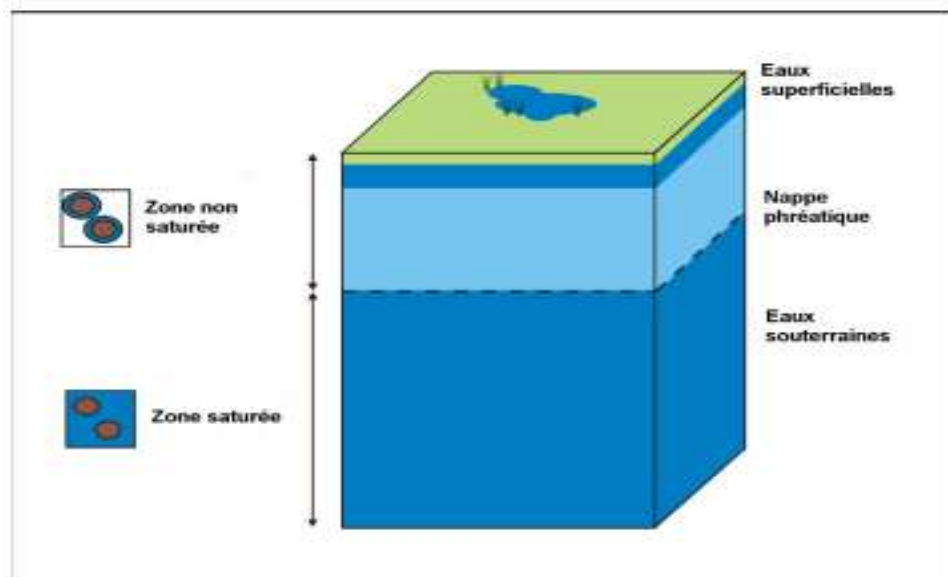


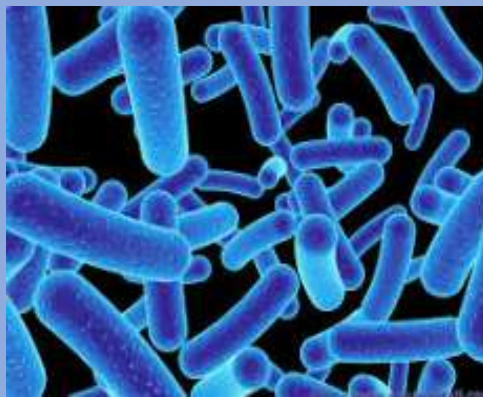
Figure I.1 : Définition des eaux souterraines [27].

I.5.2. Eaux de surface ou superficielles

Ces eaux se trouvent à la surface terrestre, elles peuvent être des eaux courantes (rivières ou fleuves) ou des eaux stagnantes (lacs ou retenues artificiels). Elles sont stockées soit naturellement dans des lacs ou artificiellement dans des barrages. Ses origines sont les nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une vitesse de circulation appréciable [28].

- [1] Fregans, S., Gutierrez, J., Montay, S. Dossier de demande d'extension d'autorisation d'exploiter la carrière du Bois D'encade. Bettrechies-Secab, Kaliès, Secab, Bellignies, Bettrechies, **2018**.
- [2] Proulx, F., Rodriguez, M., Sérodes, J. B. *Rev. Sci. Eau.*, 23, 197-323, **2010**.
- [3] Ziegler, A. C. *Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop.*, **2002**.
- [4] Demba N'diaye, A., Mint, K., Kankou, M., *Larhyss J.*, 12, 71-83, **2013**.
- [5] Djemmal, S. Les ressources en eau et l'environnement, l'effet de la sebkha sur la qualité des eaux souterraines dans la partie sud-est de Sétif cas du Guidjal. Mémoire de maîtrise, université de Constantine, **2009**.
- [6] Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. Détermination de la conductivité : méthode électrométrique. **2015**.
- [7] Yamashita, Y., Jaffé, R., Maie, N., Tanoue, E. *Limnol. Oceanogr.*, 53, 1900-1908, **2008**.
- [8] Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface. **2005**.
- [9] Couture, I. Analyse d'eau pour fin d'irrigation. **2004**.
- [10] Farih, Y. Détermination de l'alcalinité de l'eau. TP Analytique.
- [11] Conseil national de recherche du Canada. Les effets des halogénures alcalins dans l'environnement canadien. Comité associé des critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, Ottawa **1977**.
- [12] Day, F. H. The chemical elements in nature. Harrap, Londres, **1963**.
- [13] Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J. P., Chambon, P., Champasaur, H. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Ed. dumod, **2005**.
- [14] Hakmi, A. Traitement de l'eau de la source Bousfer Oran. Mémoire de licence, université d'Oran, **2006**.
- [15] Chouafa, N., Munjovo, G. M. Analyse de la qualité de l'eau potable distribuée à Guelma. Mémoire de master, université de Guelma, **2022**.
- [16] Ahonon. A. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du Togo : cas du canton de la vie. Mémoire de master, université de Lomé. **2011**.
- [17] Kemoukh, S. Dégradation de la qualité des eaux du barrage de zerdezas suite à une pollution naturelle w.de Skikda. Mémoire de magister, université de Batna, **2007**.
- [18] Diallo, A. D. Détermination de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux de puits de la commune urbaine de Mamou. Mémoire de master, Institut supérieur de technologie de Mamou, **2015**.

- [19] Graindorge, J. Guide des analyses de la qualité de l'eau, **2015**.
- [20] Toumi, N. E., Djaballah, F. A. Niveau des nutriments (Phosphate et Azote) dans les eaux de la surface de l'Oued Zenati à l'entrée et à la sortie de la ville. Mémoire de master, université de Guelma, **2021**.
- [21] Nemli, A., Bouabdallah, A. E. Analyse Du Fonctionnement De La Station D'épuration Des Eaux Usées El Allelik- Annaba. Mémoire de master, université d'Annaba, **2021**.
- [22] Benkaddour, B. Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chéliff (Algérie). Thèse de doctorat, université de Mostaganem, **2019**.
- [23] Centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible coût. Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. **2007**.
- [24] Tohouiri, P., Soro, G., Ahoussi kouassi, E., Adja Miessan, G., Ake Gabriel, E., Biemi, J. *Larhyss J.*, 29, 23-43, **2016**.
- [25] Doelsch, E. Les éléments traces métalliques (ETM).**2004**.
- [26] Myrand, D. Captage d'eau souterraine pour des résidences isolées. Guide technique, Québec, **2008**.
- [27] Manuels Ramsar. Utilisation rationnelle des zones humides. 4^{ème} Ed. vol. 11, Gland, Suisse, **2010**.
- [28] M, Grerard. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques : la qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Rapport de l'OPECST, Paris, **2003**.



Chapitre II
Propriétés Bactériologiques
de l'Eau

La pollution de l'eau est l'introduction de n'importe quelle substance dans une rivière, un cours d'eau, un lac, ou dans l'océan qui altère les ressources naturelles de cet environnement. Il s'agit parfois d'objets fabriqués par l'homme comme des sacs en plastique, des capsules de limonade, du fil de pêche, des balles ou mêmes des chaussures... Mais le plus souvent, elle n'est pas visible. Des produits agricoles fertilisants ou des produits chimiques industriels sont des sources de pollution de l'eau difficile à voir. Nos activités quotidiennes comme la chasse des toilettes, le lavage des aliments, le nettoyage des voitures sont aussi une cause de cette pollution.

La pollution a donc de nombreuses origines qui sont reliées au cycle de l'eau. Elle peut provenir directement des activités humaines comme le déversement de déchets ou de substances chimiques dans l'eau, qui peut s'introduire n'importe où dans le cycle de l'eau. Il suffit par exemple d'imaginer le chemin parcouru par une goutte de pluie depuis le moment où elle atteint le sol jusqu'à ce qu'elle rejoigne une rivière, une nappe souterraine ou la mer. Quand l'eau ruisselle sur le sol, elle peut se charger de polluants provenant par exemple des routes, des fermes, des pelouses... Quand elle s'infiltre dans le sol, elle peut entrer en contact avec des polluants qui s'échapperaient de décharges de déchets, de dépôts illicites d'ordures ou de produits chimiques. Elle peut être contaminée par des polluants rejetés en rivière par des installations industrielles. Dans l'atmosphère, la vapeur d'eau se condense dans un air pollué par les rejets des automobiles, des cheminées d'usines ou d'autres sources de pollution atmosphérique.

La pollution est présente partout. Peu de pays, développés ou non, ont suffisamment protégé la qualité de l'eau et maîtrisé sa pollution. Beaucoup n'ont pas de normes leur permettant de contenir la pollution dans des limites raisonnables, tandis que d'autres n'ont pas les moyens d'exiger l'application des normes de qualité de l'eau [1].

II.1. Les sources de pollution

L'eau peut être polluée par des produits chimiques et par des agents infectieux.

II.1.1. Les polluants chimiques

II.1.1.1. Les éléments chimiques minéraux et les métaux lourds

A des concentrations de l'ordre de quelques milligrammes par litre, les éléments chimiques minéraux tels que les nitrates, le sodium, les sulfates, le calcium, le magnésium et les chlorures ainsi que les métaux lourds peuvent avoir un effet néfaste. Dans le milieu aquatique, les métaux lourds peuvent se présenter sous diverse formes physiques (dissoutes, particulaires) et chimiques (minérales, organiques). Afin d'évaluer la biodisponibilité du métal, il est nécessaire de connaître sa distribution vis-à-vis de ses différentes formes

physico-chimiques. Parmi les métaux lourds très toxiques que l'on peut trouver accidentellement dans l'eau, on peut distinguer le plomb, le cadmium, le cyanure, l'arsenic, le chrome, le nickel, l'antimoine et le sélénium [2].

II.1.1.2. Les polluants organiques toxiques

Ce sont principalement les pesticides, les détergents et les hydrocarbures. Ces derniers ne sont pas toxiques mais ils favorisent l'assimilation des substances toxiques.

II.1.2. Les polluants biologiques

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces microorganismes [3]. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont les bactéries, les virus, les parasites et les algues.

II.2. Micro-organismes pathogènes dans l'eau

De nombreux micro-organismes pathogènes peuvent être présents dans l'eau tels que les bactéries (*Salmonella*, *Escherichia coli*, *Shigelle*, *Campylobacter*, *Yersinia enterocolitica*...), les virus (virus de l'hépatite, rotavirus, adenovirus...) et protozoaires (*Cryptosporidium*, *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica*...)

Ces germes pathogènes sont dus aux rejets de matières fécales humaines, aux pluies de ruissellement, aux fosses septiques, au dysfonctionnement des stations d'épuration et en cas de gros orages au débordement des stations d'épuration. Plusieurs facteurs peuvent favoriser la croissance de certains germes, citons les matières en suspension qui réduisent l'autoépuration et l'action des UV, l'apport de nutriments, la température...

II.2.1. Les indicateurs de contamination fécale

II.2.1.1. Les coliformes fécaux (CF)

Les coliformes fécaux proviennent des intestins et des excréments des humains et des animaux à sang chaud. La présence de ces bactéries dites pathogènes est très risquée pour la santé des humains et des animaux. L'absorption d'une eau infectée de coliformes fécaux peut entraîner des maladies très graves et, dans certains cas, peut causer la mort. Les premiers symptômes sont généralement de nature gastro-intestinale (nausées, vomissements et diarrhée). Ces coliformes sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* [4-6].

✓ *Escherichia coli*

La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes fécaux détectés [6,7].

Le nom *Escherichia coli* a été donné en hommage aux travaux du pédiatre allemand Théodore Escherich qui décrit pour la première fois, en 1885, le bacille *Bacterium coli* dans des selles de nourrisson [8]. Cette bactérie est le micro-organisme le plus fréquemment impliqué (70-95%) dans les infections urinaires communautaires [9]. Les bactéries du genre *Escherichia* sont des bacilles Gram négatifs, aérobies anaérobies facultatives, non halophiles et non sporulées. La bactérie *E. coli* est du groupe des coliformes, parce qu'elle peut croître à des températures relativement élevées (44.5 °C). Elle est l'unique représentant du groupe des coliformes totaux présent uniquement dans les intestins des mammifères [10]. Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), la dose infectieuse de la bactérie *E. coli* est la dose supérieur à 0 unité formant colonie par 100 millilitre (0 UFC/100 ml), il est à noter, donc, que la concentration maximale acceptable (CMA) de la bactérie *E. coli* dans les systèmes publics et privés d'approvisionnement en eau potable est de zéro (0) micro-organisme détectable par 100 ml d'eau.

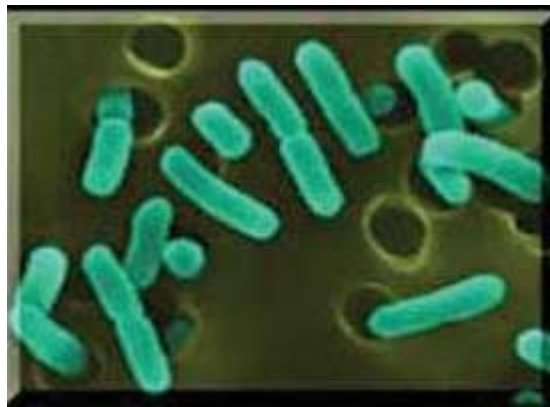


Figure II.1 : *Escherichia coli* [11].

✓ ***Citrobacter***

Citrobacter est un genre de bacilles Gram négatifs de la famille des *Enterobacteriaceae*. Son nom, formé du latin *citrus* (citron) et du néolatin *bacter* (bacille), fait référence à la capacité de l'espèce type à utiliser le citrate. Ce genre de bactérie a été créé en 1932 par reclassement d'une espèce alors nommée *Bacterium freundii* [12]. Les bactéries de ce genre sont des agents pathogènes nosocomiaux opportunistes rares [13] qui entraînent des infections des voies urinaires, des bactériémies, ainsi que des pneumonies et d'autres infections néonatales [14] comme la méningite, l'infection articulaire et la bactériémie [15]. Les infections du système nerveux central (SNC) sont plus courantes chez les nourrissons de moins de 2 mois que chez les enfants plus âgés et les adultes immunodéprimés ; cependant, certains cas rares ont été signalés. *C. koseri* et *C. freundii* causent des méningites

néonatales pouvant évoluer vers l'abcès cérébral [13]. Chez l'ensemble des patients, les infections à *Citrobacter* comportent un risque de mortalité de 33 à 48% et, chez les nouveau-nés, ce risque s'élève à 30% [14, 15]. Les nourrissons ayant réussi à combattre l'infection pourront présenter des séquelles neurologiques importantes touchant le système nerveux central SNC ; un retard mental profond, une hémiparésie et des convulsions sont entre autres possibles. Il est à noter que la dose infectieuse de la bactérie *Citrobacter* est d'environ 10^7 unités formant colonie par millilitre (10^7 UFC/ml).

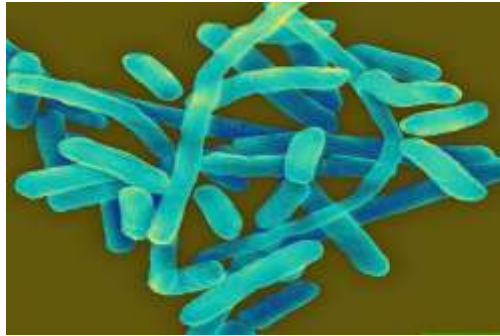


Figure II.2 : *Citrobacter* [16]

✓ ***Enterobacter***

Enterobacter est un genre de bacilles Gram négatifs de la famille des *Enterobacteriaceae*. Son nom, composé du grec *entero* (intestin) et du néolatin *bacter* (petit bacille), peut se traduire par « petit bacille intestinal » [17]. Ce genre détecté au sein des intestins de l'homme et des animaux, il est aussi trouvé dans les selles, les eaux d'égouts, le sol, les produits laitiers. Certaines souches du genre *Enterobacter* peuvent être responsables d'infections nosocomiales. Il n'existe aucune donnée expérimentale ou épidémiologique sur la dose infectieuse d'*Enterobacter* ; cela dit, environ 1000 cellules sont considérées comme une dose infectieuse.



Figure II.3 : *Enterobacter* [18]

✓ ***Klebsiella***

Klebsiella est un genre de bacilles Gram négatifs de la famille des *Enterobacteriaceae*. Son nom fait référence au bactériologiste Edwin Klebs [19]. Ces

bactéries causent jusqu'à 5% des infections urinaires communautaires et 9% des nosocomiales [20]. Ce sont des bactéries ubiquitaires présentes dans le tube digestif et dans l'appareil respiratoire des animaux (dont l'homme) en tant que bactéries commensales. Elles sont fréquentes dans les selles et peuvent être un indicateur d'une contamination fécale. Elles sont abondantes dans le sol et les eaux. *Klebsiella* détermine de rares infections respiratoires (pneumonies, abcès pulmonaires, pleurésies), et surtout des infections du tractus urinaire. Elle a un effet cytotoxique sur les épithéliums des voies aériennes et peut être responsable d'infections nosocomiales. Elle touche particulièrement le système nerveux central (SNC) et l'œil (endophtalmie). Elle peut également être responsable d'abcès hépatiques. La dose infectieuse de la bactérie *Klebsiella* est inconnue. D'après Jandaet *al.* 10^8 organismes du genre *Klebsiella* par gramme de fèces sont nécessaires pour produire une infection [21].

Jusqu'en 2016 les bactéries *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* ont été rattachés par des critères phénotypiques à la famille des *Enterobacteriaceae*. Malgré la refonte de l'ordre des *Enterobacterales* par Adeolu *et al.* en 2016 à l'aide des techniques de phylogénétique moléculaire, *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* restent dans la famille des *Enterobacteriaceae* dont le périmètre redéfini compte néanmoins beaucoup moins de genres qu'auparavant [22].



Figure II.4 : *Klebsiella* [23]

II.2.1.2. Les streptocoques fécaux (SF)

Streptococcus est une bactérie omniprésente dans le biotope de l'eau, de l'air, du sol [24]. Plus résistant au stress et à la chloration que les coliformes et survit habituellement dans l'environnement pendant une longue période. De plus, contrairement aux coliformes, il est très difficile de grandir à nouveau dans le réseau [25]. Leur détermination est très importante car ils sont plus résistants aux désinfectants que l'*E. coli*. Ils sont composés de streptocoques du groupe D, qui comprennent des entérocoques et des non-entérocoques. Selon l'OMS

(organisation mondiale de la santé), la dose infectieuse de Streptocoques fécaux (Entérocoques) est la dose supérieur à 0 unité formant colonie par 100 millilitre (0 UFC/100 ml).

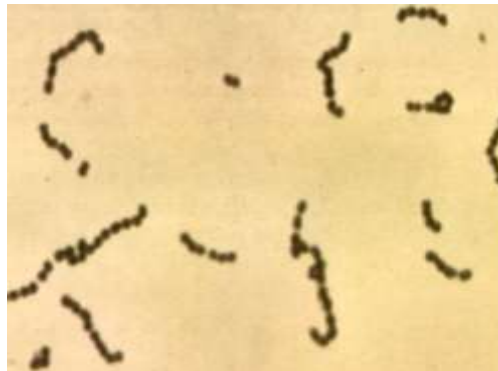


Figure II.5 : Streptocoques fécaux [26].

II.2.1.3. Coliformes totaux (CT)

Ce sont des aérobies facultatifs en forme de bâtonnets, non sporulants, à Gram (-) négatif Oxydase négative. Capable de fermenter le lactose ou (mannitol) produisant de l'acide et du gaz en 48 heures dans la plage de température entre 35°C à 37°C [27]. Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), la dose infectieuse de Coliformes totaux est la dose supérieur à 10 unité formant colonie par 100 millilitre (10 UFC/100 ml)



Figure II.6 : Coliformes totaux [28].

La contamination microbiologique des eaux peut causer des maladies graves en particulier dans les pays en voie de développement : méningites, infections hépatiques, typhoïdes, choléra, troubles respiratoires, dysenterie...

II.3. Maladie a transmission hydrique MTH

L'eau, ressource naturelle est indispensable à la vie, il est aussi devenue, de manière directe ou induite, la première cause de maladies et de mortalité au monde [29]. En effet, cette situation est d'avantage aggravée par les pollutions diverses et variées émanant des

activités agricoles, industrielles ou tout simplement domestiques. L'eau contaminée par des excréments humains ou animaux sont à l'origine des maladies dites maladies fécales, qui sont provoqués par des virus et des bactéries [30,31].

Selon le rapport de l'organisation mondiale de la santé (OMS) pas moins de deux millions de morts et les enfants en constituent le plus grand nombre sont dues à des maladies hydriques [32]. Parmi ces maladies on peut citer :

II.3. 1. La fièvre typhoïde

Cette maladie est une toxi-infection contagieuse, fréquente à déclaration obligatoire c'est une bactériémie à point de départ l'lymphatique mésentérique. La fièvre typhoïde est une infection bactérienne dans le réservoir de germes [33].

II.3. 2. Le Choléra

Il s'agit d'une maladie toxi-infection due à des vibrions pathogènes apparentant aux vibrions cholériques, le cholera provoque une diarrhée dont l'importance dépend de l'intensité des désordres causés par imprégnation d'épithélium intestinal par la toxine cholérique. La diarrhée peut n'avoir aucune caractères spécifique si elle est classique par contre, elle correspond, si elle est majeure, au tableau classique de la maladie communément appelée choléra. Ce tableau est caractérisé par l'aspect purement hydrique des déjections et intensité de déshydratation qui résulte de l'abondance des selles [34].

II.3. 3. Hépatites virales A et E

L'Hépatite est une inflammation du foie secondaire à l'infection des hépatocytes par plusieurs types de virus dont le VHA et le VHE. L'Hépatite A est une maladie infantile bénigne [35], et l'Hépatite E touche les adultes, la mortalité à cause de cette maladie est importante (80%) surtout chez la femme enceinte [34].

II.4. Prélèvement d'un échantillon d'eau pour une analyse bactériologique

Le prélèvement des échantillons est l'une des étapes les plus importantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Il est donc essentiel que l'échantillonnage soit effectué avec prudence et de la technique afin d'éviter toutes les sources possibles de contamination. Le Prélèvement d'un échantillon d'eau pour une analyse bactériologique est soumis à une procédure stricte. La démarche à suivre pour ce prélèvement est comme suit :

- 1 - Les échantillons doivent être prélevés dans des flacons en verre blanc, à haut évasé, avec un bouchon en verre rodé, dans des sacs plastiques stériles, jetables.
- 2 - Le contenant fourni par le laboratoire est stérilisé, doit être ouvert uniquement au moment du prélèvement et ne doit jamais être rincé, car il contient des agents de préservation requis

pour les analyses. Les parois internes ou l'intérieur du couvercle ne doivent pas être touchés avec les doigts.

3 - L'échantillon doit provenir du robinet d'eau froide le plus utilisé et l'eau de ce robinet ne doit pas avoir été modifiée par un système de filtration.

4 - Le robinet doit être débarrassé de tout accessoire complétant son bec comme les aérateurs, grillages, pommes d'arrosage, boyaux. S'il est impossible d'enlever ces accessoires, il faut choisir un autre robinet.

5 - L'extérieur et l'intérieur du bec du robinet doivent être nettoyés à l'aide d'une pièce de coton propre imbibé d'une solution d'eau de javel (environ 5 % d'hypochlorite de sodium) ou de l'alcool (alcool à friction).

6 - Afin de s'assurer que l'eau prélevée est représentative de celle circulant dans le système de distribution, il faut laisser couler l'eau pendant 5 minutes avant de prélever un échantillon.

7 - Le contenant doit être rempli au moins jusqu'au niveau indiqué sur la bouteille et en dessous de l'espace d'air d'au moins 2.5 cm entre la surface du liquide et du bouchon.

8 - Le formulaire de demande d'analyse rempli soigneusement doit toujours accompagner l'échantillon.

9 - L'échantillon doit être conservé à environ 4°C entre le moment du prélèvement et la réception au laboratoire.

10 - L'échantillon doit parvenir la même journée que le prélèvement.

- [1] Dris, A. L'eau matière stratégique et enjeu de sécurité au 21^{ème} siècle. Université de Paris 10, mémoire online. **2005**.
- [2] Vilagines, R. Eau, environnement et santé publique, Introduction à l'hydrologie. 2^{ème} Ed. Tec&Doc, **2003**.
- [3] Bennana, M. Étude de la pollution de l'eau et du littoral du lac de Hassi ben Abdellah. Université d'Ouargla, mémoire de master, **2013**.
- [4] Elmund, G. K., Allen, M. J. Rice, E. W. *Water Environ. Res.*, 71, 332-339, **1999**.
- [5] Santé Canada. La qualité bactériologique. Document de support aux recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, **1991**.
- [6] Edberg, S. C., Rice, E. W., Karlin, R. J., Allen, M. J. *J. Appl. Microbiol.*, 88, 106S-116S, **2000**.
- [7] Barthe, C., Perron, J., Perron, J. M. R. Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Ministère de l'environnement du Québec, **1998**.
- [8] Gouali, M., Weill, F. X. *Presse Méd.*, 42, 68-75, **2013**.
- [9] Caron, F. Traitement des infections à E. coli multi-résistants en 2014. RICAI, **2014**.
- [10] Benkheira, C., Bouanani, T., Bennafla, B. L'antibiorésistance des souches Escherichia coli isolées à partir des infections urinaires chez l'adulte. Universitaire d'Ain-Temouchent, mémoire de master, **2020**.
- [11] <https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2017/3/10/escherichia-coli> (Consultée le 30/04/2024).
- [12] Werkman, C.H., Gillen, G.F. *J. Bacteriol.*, 23, 167-182, **1932**.
- [13] Ryan, K. J. Enterobacteriaceae. In. Ryan, K. J., Ray, C. G. Sherris Medical Microbiology: An Introduction to Infectious diseases. 4^{ème} ed., 343-371. USA, McGraw-Hill, **2004**.
- [14] Pepperell, C., Kus, J. V., Gardam, M. A., Humar, A., Burrows, L. L. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 46, 3555-3560, **2002**.
- [15] Doran, T. I. *Clinical Infectious Diseases.*, 28, 384-394, **1999**.
- [16] Kunkel, D. Citrobacter Freundii. Microscopy/science photo library, **2018**.
- [17] Hormaeche, E., Edwards, P. R. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 10, 71-74, **1960**.
- [18] Enterobacter cloacae bacteria, SEM. Science photo library /Eye of science.
- [19] Trevisan, V. Atti della Accademia Fisica-Medica-Statistica di Milano, (ser 4), 3, 92-107, **1885**.

- [20] Denis, F. Marie-Cécile Ploy. Bactériologie médicale : techniques usuelles. ECBU. Elsevier, Masson, **2007**
- [21] Janda, J. M., Abbott, S. L. The Genera Klebsiella and Raoultella. The Enterobacteria. 2nd Ed., Washington, USA, **2006**.
- [22] Mobolaji, A., Seema, A., Sohail, N., Radhey, S. G. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 66, 5575-5599, **2016**.
- [23] Helouard, S. Le journal des femmes santé, **2020**.
- [24] Delarras, C. Pratique en microbiologie de laboratoire. 1^{er} Ed. Lavoisier, Paris, **2014**.
- [25] Ouahchia, C., Hamaidi-Chergui, F., Hamaidi, M. S., Saidi, F. *Larhyss J.*, 12, 139-154, **2015**.
- [26] ENSP. Service administration nationale des données et référentiels sur l'eau. Institut Pasteur (Lille). Streptocoques fécaux. **2015**.
- [27] Rodier, J. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} Ed. Dunod, Paris, **2005**.
- [28] Bedahi, A., Grana, M., Rehamnia, M., Rehamnia, Y. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du robinet de quelques quartiers de la ville de Guelma. Mémoire de master, université de Guelma, **2022**.
- [29] Les maladies hydriques, Recherche et gestion des savoirs RGS/AGC/SS. Revue de presse thématique, 27, **2003**.
- [30] Aubry, P., Gaüzère, B. A. Les maladies liées à l'eau Actualités 2023. Centre René Labusquière, Institut de médecine tropicale, université de Bordeaux **2023**.
- [31] Monjour, L. Les pathologies d'origine hydrique et la potabilité de l'eau. Les cahiers du MURS, 33, **1997**.
- [32] Organisation mondiale de la Santé (OMS). Combattre les maladies véhiculées par l'eau à la maison. **2007**.
- [33] Khalili, M., Hebbar, Z., Sebiane, S. la fièvre typhoïde. Université de Tlemcen, mémoire de fin d'étude en médecine, **2014**.
- [34] Bezzaoucha, A. Les maladies à déclaration obligatoire : maladies bénéficient d'un programme de lutte. 2^{ème} Ed. Office des publications universitaire, vol. 1, Alger **2004**.
- [35] Somogyi, A., Brazille, B. Les maladies infectieuses : virales et mycosiques. 2^{ème} Ed. paris, **2010**.



Chapitre III
Matériels et Mèthodes

III.1. Présentation et description de la zone d'étude

III.1.1. Situation géographique de station de traitement de Mexa

Comme zone d'étude nous nous sommes intéressées à la station de traitement de l'eau potable (Mexa), cette zone est située près de l'oued kébir. La mise en service des installations a été effectuée par les Allemands en 2003. La capacité de traitement de cette station est environ de 2000 l/s. Elle a pour but de potabiliser et traiter un débit d'eau brute du barrage Mexa de qualité contractuelle et dans la limite d'une teneur en MES inférieure à 40g/l afin de produire de l'eau potable à un débit moyen de 1000 l/s, ce dernier sera pour alimenter les communes de la Wilaya d'El Tarf et le réservoir principal d'El Kala jusqu'au communes frontalières El Aioun et Ramél Souk, ainsi que la wilaya d'Annaba jusqu'au réservoir principal de Chaiba.

III.1.2. Situation géographique de station de traitement de Chaiba

C'est une station de traitement et production d'eau potable, elle est créée en 1969 par Dégrèvement et la société Bounner/Socea. Elle se trouve à Chaiba (commune de Sidi Ammar Annaba) à une hauteur isométrique de 77 m (Photo III.1), cette station est alimentée par le barrage de « Chaffia » avec une capacité de 168 million m³ et par les batteries de forage Hnichet, Salines, Pont Bouchet (elle traite 1000 l/s).



Photo.III.1 : Station de traitement des eaux « Chaiba » [1].

III.2. Matériel et Méthodes

III.2.1. Matériels pour les analyses physico-chimiques

Le Tableau I.1. Illustre le matériel et les appareillages utilisés au cours des analyses physico-chimiques effectués.

Tableau III.1 : Matériels et appareillage utilisé pour les analyses physico-chimiques.

Matériels pour l'échantillonnage	Appareillage	Verrerie
Bouteille en plastique	Spectrophotomètre	Fiole 250 ml et 50 ml
Flacons stérile en verre	pH mètre et Turbidimètre	Erlenmeyer et Béchers
Glacière	Multiélément	Pipettes pasteur

III.2.2. Prélèvement et analyses physico-chimiques

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, cette opération conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimique de l'eau (gaz dissous, matière en suspension). Pour les prélèvements destinés aux analyses physico-chimiques, on doit utiliser des flacons en plastique, d'une capacité de 1.5 l, tandis que pour les analyses bactériologiques on doit utiliser des flacons en verre stérilisés à l'autoclave, d'une capacité de 500 ml. Afin de ralentir l'activité bactérienne, les échantillons doivent être gardés à une température de 4°C, pour cette raison, on doit les transporter dans une glacière.

III.3. Méthode d'analyse

III.3.1. Analyse physico-chimique

III.3.1.1. Mesure de la température

La température de l'eau est mesurée au niveau de laboratoire à l'aide d'un multiélément (Photo.III.2).



Photo.III.2 : Le multiélément employé au cours de l'analyse (Merdaci Rayane 2024).

III.3.1.2. Mesure de pH

Mode opératoire

Introduire l'électrode dans un bécher contenant l'échantillon à analyser, préalablement rincée avec l'eau distillée, puis appuyer sur la touche (Read/Enter). La valeur du pH évolue jusqu'à se stabiliser, cette valeur est donnée directement par le pH-mètre (Photo.III.3).



Photo.III.3 : Le pH-mètre employé au cours de l'analyse (Merdaci Rayane 2024).

III.3.1.3. La conductivité

❖ Principe

La conductivité électrique d'une eau est définie par la mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration, nature des ions, la température et la viscosité de la solution. Son unité est le siemens par mètre (S/m) mais elle est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

❖ Mode opératoire

Remplir le bécher par une quantité d'eau suffisante puis immerger l'électrode du multiélément, ce dernier va être trempé dans le bécher afin d'éliminer les bulles d'air.

III.3.1.4. La turbidité

❖ Principe

La turbidité d'une eau est à cause des matières non dissoutes (argile, algue, grain de silice ...). Les résultats doivent être exprimés en Nephelometric Turbidity Unit (NTU).

❖ Mode opératoire

Remplir la cuvette de mesure propre avec l'échantillon à analyser, bien homogénéiser, puis effectuer rapidement la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulles d'air avant la mesure. La lecture s'effectue directement par un turbidimètre (PhotoIII.4).



PhotoIII.4 : Le turbidimètre employé au cours de l'analyse (Merdaci Rayane 2024).

III.3.1.5. La dureté (TH)

❖ Principe

C'est un titrage complexométrique des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse d'Ethylènediaminetétraacétique (EDTA) à un pH est égal à 10. L'indicateur utilisé est le noir ériochrome T (NET), qui apparaît en rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium. Lors du titrage avec l'EDTA la couleur de la solution vire à la couleur bleu. La concentration totale des ions $[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}]$ est exprimée en degrés français ($^{\circ}\text{F}$).

❖ Dosage

Prélever 50 ml de l'échantillon, puis ajouter 4 ml de la solution tampon et 3 gouttes d'indicateur NET. Bien mélanger, la solution jusqu'à l'obtention de la couleur rose (Photo. III.5). Titrer immédiatement avec la solution d'EDTA, en versant lentement jusqu'au virage à la couleur bleu (Photo. III.5), cette couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.



Photo. III.5 : Dosage de la concentration du calcium et magnésium (TH) (Merdaci Rayane2024).

❖ Expression des résultats

La teneur global en calcium et magnésium exprimé en mmol/l et donnée comme suit :

$$[Ca^{2+} + Mg^{2+}] = \frac{[EDTA].V_{EDTA}}{V_{Echantillon}} \quad (III.1)$$

Avec $[EDTA]$, V_{EDTA} et $V_{Echantillon}$ sont respectivement la concentration de la solution d'EDTA (mmol/l), le volume de la solution d'EDTA utilisé pour le titrage (ml) et le volume de l'échantillon (ml).

Cette teneur est exprimé en mg/l de $CaCO_3$ et donnée par l'équation suivante :

$$\frac{[EDTA].V_{EDTA}}{V_{Echantillon}} \text{ (en mmol/l)} \times 100 \quad (III.2)$$

Il est noté que :

$$[Mg^{2+}] \text{ en mg/l} = [Mg^{2+} + Ca^{2+}] - [Ca^{2+}] \text{ en mmol/l} \times M_{Mg} \quad (III.3)$$

Avec M_{Mg} est la masse molaire du magnésium = 24.305 g/mol.

III.3.1.6. Titre alcalimétrique simple (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC)

❖ Principe

Ces paramètres sont basés sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré, il est exprimé en mg/l

❖ Dosage

Ajouter 2 gouttes de vert de bromocrésol à 100 ml d'eau à analyser. Bien mélanger la solution jusqu'à l'obtention de la couleur bleu, en suite titrer immédiatement le mélange

avec l'acide sulfurique H_2SO_4 , en versant lentement jusqu'à l'obtention de la couleur jaune (Photo. III.6).



Photo. III.6 : Détermination des paramètres TA/TAC (Merdaci Rayane2024).

❖ Expression des résultats

Le titre alcalimétrique simple (TA) en degré français (F°) peut être calculé à partir de la relation suivante :

$$\text{TA} = V_{\text{H}_2\text{SO}_4(e)} \quad (\text{III.4})$$

Le titre alcalimétrique complet (TAC) en degré français (F°) peut être calculé à partir de la relation suivante :

$$\text{TAC} = (V_{\text{H}_2\text{SO}_4(e)} - V_{\text{H}_2\text{SO}_4(b)}) \times \text{Titre} \quad (\text{III.5})$$

Avec $V_{\text{H}_2\text{SO}_4(e)}$ est le volume de H_2SO_4 en ml utilisé pour le titrage d'échantillon et $V_{\text{H}_2\text{SO}_4(b)}$ est le volume de H_2SO_4 utilisé comme blanc. Le titre est la lecture réelle du titre (10 ml) divisé par le volume du H_2SO_4 utilisé.

Il est noté que le volume de H_2SO_4 ($V_{\text{H}_2\text{SO}_4(b)}$) ne doit pas dépasser 0,5 ml et celui du titre ne doit pas dépasser 10 ml donc le titre $T=1$

III.3.1.7. Dosage de calcium

❖ Principe

Le titrage des ions calcium (Ca^{2+}) a été effectué avec une solution aqueuse de l'EDTA à une valeur du pH compris entre 12 et 13. Le Hexseptnilium (HSN) qui forme un complexe rouge avec le calcium a été utilisé comme indicateur. Le magnésium se précipite sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage au cours du titrage. L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium libre puis avec les ions calcium combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rose vers la couleur bleu clair (Photo. III.7). La teneur en calcium sera exprimée en mg/l.

❖ Dosage

2 ml de la solution d'hydroxyde sodium (NaOH) et 0.2g de Hexseptnilium (HSN) ont été ajoutés à 50 ml de l'échantillon prélevé. Bien mélanger le tout, puis titrer le mélange,

en versant lentement la solution d'EDTA jusqu'au virage de la couleur au bleu (Photo. III.7), cette couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.



Photo. III. 7 : Détermination de calcium (Merdaci Rayane 2024).

❖ Expression des résultats

La concentration de calcium exprimé en mmol/l est donnée par l'équation suivante :

$$[Ca^{2+}] = \frac{[EDTA].V_{EDTA}}{V_0} \quad (III.6)$$

Avec $[EDTA]$, V_{EDTA} et V_0 sont respectivement la concentration de la solution d'EDTA (mmol/l), le volume de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage (ml) et le volume prélevé en ml. La teneur en calcium exprimé en mg/l est donnée comme suit :

$$\frac{[EDTA].V_{EDTA}}{V_0} \times M_{Ca} \quad (III.7)$$

Avec M_{Ca} est la masse molaire du calcium = 40.08 g/mol.

III.3.1.8. Dosage des chlorures

❖ Principe

C'est une réaction des ions chlorures (Cl^-) avec des ions argent (Ag^+) pour former le précipité chlorure d'argent ($AgCl$) qui est insoluble. Au cours du titrage la valeur du pH doit être maintenu entre 5 et 9 afin d'effectuer cette précipitation. L'addition d'un petit excès d'ions $[Ag^+]$ conduit à la formation d'un complexe brun-rouge avec le chromate qui est utilisé comme indicateur, il s'agit de chromate d'argent (Ag_2CrO_4), cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. La concentration de chlorure est exprimée en mg/l.

❖ Dosage

Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium (K_2CrO_4) à 100 ml d'eau filtré dans une fiole puis titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent ($AgNO_3$) jusqu'à l'obtention d'une solution rouge brune (Photo. III.8).



Photo. III.8 : dosage de chlorure (Merdaci Rayane 2024)

❖ Expression des résultats

La concentration de chlorure exprimée en mmol/l est donnée par l'équation suivante :

$$[\text{Cl}^-] = \frac{V_{\text{AgNO}_3(\text{e})} - V_{\text{AgNO}_3(\text{b})}}{P} [\text{AgNO}_3]_{\text{réel}} \times \text{Titre} \times f \quad (\text{III.8})$$

Avec $V_{\text{AgNO}_3(\text{e})}$ est le volume du AgNO_3 en ml utilisé pour le titrage, $V_{\text{AgNO}_3(\text{b})}$ est le volume de AgNO_3 utilisé comme le blanc, P est le volume de l'échantillon en ml et f est le facteur de conversion (35453mg/mol). Le titre est la lecture réelle du titre (10 ml) divisé par le volume du AgNO_3 utilisé.

Il est noté que le volume de AgNO_3 ($V_{\text{AgNO}_3(\text{b})}$) ne doit pas dépasser 0,2 ml et celui du titre ne doit pas dépasser (10 ml $\pm$ 1 ml) donc le titre $T = \frac{\text{Valeur réel}}{\text{Valeur lu}} = 1$

III.3.1.9. Dosage de l'anhydride carbonique

❖ Principe

L'anhydride carbonique libre de l'eau est neutralisé par un léger excès d'une solution d'hydroxyde de sodium. Cet excès est ensuite déterminé à l'aide d'une solution titrée d'acide

❖ Dosage

Ajouter 10 ml d'hydroxyde de sodium NaOH (0.025 N) et 7 gouttes de phénolphthaléine à 190 ml d'échantillon d'eau (en évitant toute agitation ou brassage d'air). Fermer l'Erlenmeyer à l'aide d'un bouchon en caoutchouc bien propre et retourner lentement l'Erlenmeyer afin d'homogénéiser la solution qui doit prendre une teinte rose, cette solution va être titré avec une solution de HCl (0.1N) jusqu'au la décoloration complète (Photo. III.9).



Photo III. 9 : Dosage de l'anhydride carbonique (Merdaci Rayane 2024).

❖ **Expression des résultats**✓ **Calcul du CO₂ libre**

Le CO₂ libre en mg/l peut être calculé à partir de la relation suivante :

$$CO_{2\text{libre}} = (V_{HCl(b)} - V_{HCl(e)}) \times 1.0526 \quad (\text{III.9})$$

$V_{HCl(e)}$ est le volume en ml de la solution de HCl utilisé pour le dosage de l'échantillon et

$V_{HCl(b)}$ est le volume en ml de la solution de HCl utilisé comme blanc.

Il est noté que la lecture du blanc ne doit pas dépasser 10 ml.

✓ **Calcul du CO₂ total**

L'anhydride carbonique total $[CO_2]_{\text{Totale}}$ peut être calculé à partir de la concentration en anhydride carbonique libre $[CO_2]_{\text{Libre}}$ et des alcalinités carbonatée $[CO_3^{2-}]$ ainsi que hydrogéné carbonatée $[HCO_3^-]$, cette valeur est exprimée en mg/l de CaCO₃.

$$[CO_2]_{\text{Totale}} = [CO_2]_{\text{Libre}} + ([HCO_3^-] \times 0.88) + [CO_3^{2-}] \quad (\text{III.10})$$

III.3.1.10. Dosage de phosphore❖ **Principe**

C'est une réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate.

❖ **Dosage**

Dans une fiole jaugée, ajouter 1 ml d'acide ascorbique (C₆H₈O₆) et 2 ml de molybdate acide (H₂MoO₄) au 40 ml de l'échantillon. Laisser la solution reposé pendant 30 minutes avant de faire le dosage. Un essai à blanc doit être effectué parallèlement avec l'opération de dosage suivant le même mode opératoire et utilisant les mêmes quantités de réactif, mais à la place de l'échantillon, en utilise le même volume approprié d'eau distillée.



Photo III. 10 : Dosage de Phosphore (Merdaci Rayane 2024).

III.3.1.11. Dosage d'ammonium❖ **Principe**

Une mesure spectrométrique du composé résultant de la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. Les ions

hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel Dichloroisocyanurate de sodium. Ce produit apparaît au départ jaune et après 20 min il devient soit vert en cas d'absence d'ammonium, soit bleu en cas de présence d'ammonium. La teneur d'ammonium sera confirmée par le spectrophotomètre UV.

❖ Dosage

Ajouter dans l'ordre à 40 ml d'échantillon à analyser, 4 ml du réactif coloré homogénéisé, puis 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium. Suivre le développement de la couleur pendant au moins 60 mn (Photo III. 11). Des mesures spectrophotométriques à la longueur utilisée pour la gamme d'étalonnage (655 nm). Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'ammonium.



Photo III. 11 : Dosage d'ammonium (Merdaci Rayane 2024).

III.3.1.12. Dosage du fer

❖ Principe

Ajouter à l'échantillon à analyser une solution de phénantroline-1.10, puis effectuer une mesure photométrique du complexe résultant (rouge-orange) à une longueur d'onde de 510 nm. Il s'agit du complexe fer (II-phénantroline-1.10), qui est stable dans l'intervalle du pH 2.5 à 9 et son intensité de coloration est proportionnelle à la quantité du fer.

❖ Dosage

Mettre dans une fiole de 100 ml un volume de 50 ml d'échantillon à analyser, ensuite ajouter 1 ml de chlorhydrate hydroxylamine puis mélanger soigneusement. Afin obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 (de préférence 4.5), ajouter 2.0 ml de la solution tampon acétate, puis ajouter 2.0 ml de la solution phénantroline. Après 15 min de conservation à l'obscurité, mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV VIS à 510 nm, utilisant une cuve de 10 mm². Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l de fer.



Photo III. 12 : Dosage de fer (Merdaci Rayane 2024).

III.3.1.13. Dosage Nitrite

❖ Principe

Au cours de cette réaction de dosage, les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque. La copulation de ce dernier avec N1 Naphtyléthylénediamine dichloride donne une coloration rose (Photo.III.13). Une mesure spectrophométrique de produit résultant sera effectuée à une longueur d'onde de 540 nm.

❖ Dosage

Ajouter 1 ml du réactif mixte à 50 ml d'échantillon. Après au moins 20 min, la présence des NO_2^- sera indiquée par l'apparition de la coloration rose (Photo.III.13). Mesurer l'absorbance de chaque étalon à une longueur d'onde (environ 540 nm). Un essai à blanc doit être effectué parallèlement avec l'opération de dosage suivant le même mode opératoire et utilisant les mêmes quantités de réactif, mais à la place de l'échantillon, en utilise le même volume approprié d'eau distillée.



Photo.III.13 : Dosage de nitrite (Merdaci Rayane 2024).

III.3.1.14. Préparation des solutions étalons

Les produits employés pour préparer les solutions tampons (Mère et fille) sont illustrés dans le tableau III.2.

Tableau III.2 : Produits employés pour préparer les solutions tampons.

Réactif	Solution	Produit	Quantité
Nitrites	Solution étalon mère	Nitrite de sodium	0.0246 g
		Eau distillée	50 ml
	Solution étalon fille 1	Solution étalon de mère nitrite	0.5 ml
		Eau distillée	50 ml
	Solution étalon fille 2	solution étalon fille1 de nitrites	2 ml
		Eau distillée	50 ml
Nitrate	Solution étalon mère	Nitrate de sodium	0.3609 g
		Eau distillée	50 ml
	Solution étalon fille 1	Solution étalon mère	5 ml
		Eau distillée	50 ml
	Solution étalon fille 2	Solution étalon fille 1	2 ml
		Eau distillée	100 ml
Ammonium	Solution étalon mère	Chlorure d'ammonium	0.1909 g
		Eau distillée	50 ml
	Solution étalon fille 1	Solution mère étalon d'ammonium	5 ml
		Eau distillée	50 ml
	Solution étalon fille 2	Solution étalon fille 1 d'ammonium	5 ml
		Eau distillée	50 ml

Le mode et la durée de conservation de chaque solution mère est indiqué dans le tableau III.3.

Tableau III.3 : Mode et durée de conservation des solutions mère préparés.

Solution	Mode de conservation	Durée de conservation
Solution étalon mère de nitrites	Conservée entre 2et 5°C.	Stable pendant un mois
Solution mère étalon d'ammonium	conservée dans un flacon en verre	Stable au moins un mois

III.3.2. Analyses bactériologiques

Cette analyse est importante car la qualité bactériologique d'une eau n'est pas un paramètre stable, nécessitant des contrôles permanents et représentant la cause la plus fréquente de non potabilité de l'eau.

III.3.2.1. Mode de prélèvement et transport

Le mode de prélèvement est différent selon le point de prélèvement

❖ Technique de prélèvement au niveau d'un robinet

Nettoyer l'extérieur du robinet avec un chiffon propre afin d'éliminer tout déchet, ensuite ouvrir le robinet à son débit maximum et laisser l'eau s'écouler pendant 1 à 2 minutes. Puis fermer le robinet. La stérilisation du robinet sera effectuée pendant 1 minute avec un coton imbibé d'alcool enflammé ensuite, ouvrir doucement ce robinet et laisser l'eau s'écouler, à un débit moyen, pendant 1 à 2 minutes. Ouvrir la bouteille stérile et remplir le

flacon en tenant le bouchon dans sa protection orientée vers le bas afin d'éviter la déposition des poussières à l'intérieur. Afin de neutraliser l'action des oxydants et désinfectants, ajouter une petite quantité de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) à 10 % (généralement une pastille stérile). Laisser un petit volume d'air à la surface (1/10) afin de faciliter l'agitation de l'eau avant son analyse et fermer le flacon.

❖ **Technique de prélèvement en milieu naturel (puits ou un forage)**

Dans ce cas, on utilise un plongeur auquel est fixé le flacon de prélèvement par exemple une canne ou une perche métallique.

❖ **Transport**

Les flacons stériles seront transportés dans une glacière. L'eau devra être techniquée le plus rapidement possible dans les 3-4 heures si la chaîne de froid n'est pas assurée.

III.3.2.2. Méthode de réalisation d'analyse bactériologique

L'analyse microbiologique concerne la recherche et le dénombrement des bactéries dans l'eau.

❖ **Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux**

Dans cette recherche on utilise la méthode par filtration, en employant le milieu TTC/Tèrgitol. L'échantillon d'eau à analyser est filtré à travers une membrane ($0,45\mu\text{m}$) qui retient les microorganismes recherchés. Cette technique permet de travailler sur des volumes importants d'échantillon et donc de concentrer les bactéries présentes en petit nombre sur un support de petite surface. Cette méthode ne provoque pas un choc thermique, elle permet une bonne différenciation des colonies, mais, elle n'est pas applicable aux eaux polluées (risque de colmatage).

Dans cette méthode, le volume d'eau filtrée varie en fonction de sa qualité, pour les eaux de robinet le volume est généralement de 100 ml alors que pour les eaux minérales naturelles, le volume filtré est de 250 ml.

A) Mode opératoire

- Pour l'eau potable, filtrer sur une membrane un volume de $V = 100 \text{ ml}$.
- Pour une description générale de la technique de filtration sur membrane, placer la membrane filtrante sur la surface d'une plaque de gélose TTC/Tèrgitol préalablement préparée.

B) Incubation selon la température spécifiée

Les échantillons sont incubés à différentes températures selon les germes recherchés, 37°C pour les coliformes totaux et 44°C pour les coliformes fécaux, car elles sont des bactéries thermo tolérants [2].

C) Le dénombrement d'E. Coli

Après incubation, dénombrer les colonies typiques qui se présentent sous forme de petites colonies lisses, légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune (lactose positive).

D) Lecture des résultats

La lecture des résultats sera effectuée après 24 heures d'incubation [2]

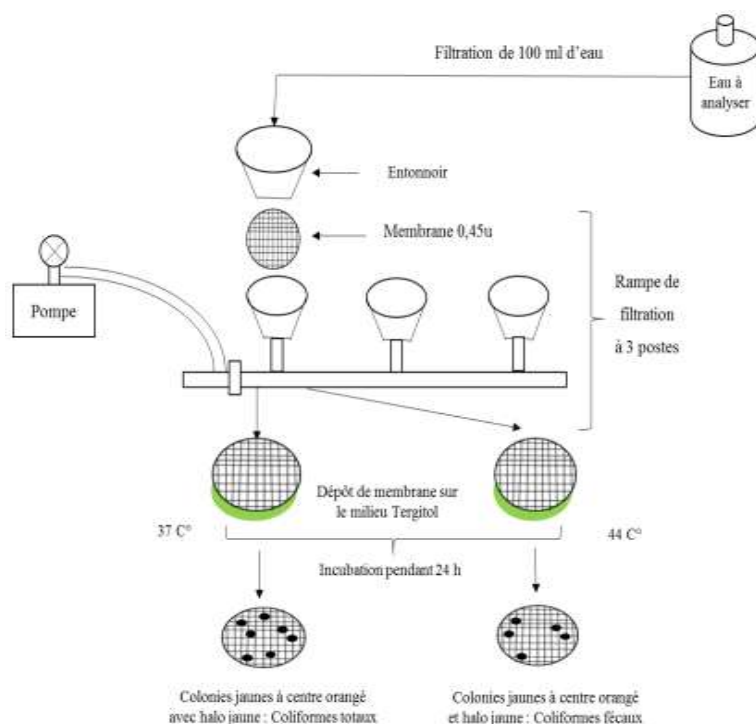


Figure III.1 : Dénombrement des Coliformes totaux et Coliformes fécaux [3].

❖ Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux

Pour cette recherche la méthode utilisée est celle de filtration sur membrane, en employant le milieu Slanetz et Bartley.

A) Mode opératoire

Filtrer un volume d'eau et placer la membrane filtrante dans le milieu de Slanetz et Bartley. Incuber les boîtes à 37°C pendant 48 heures, après incubation, considérer comme typique toutes les colonies bombées montrant une couleur rouge, marron ou rose, soit au centre soit sur l'ensemble de la colonie. S'il y a des colonies typiques, transférer la membrane et les colonies, au moyen de pinces stériles, sans retournement, sur une boîte de gélose bile esculine azoture qui a été préchauffée à 44°C. Incuber à 44°C pendant 2 heures. Considérer toutes les colonies typiques montrant une couleur brune à noir dans le milieu environnant comme donnant une réaction positive, et les compter comme entérocoques intestinaux.

- [1] Graini, A., Terki H. Contrôle et suivi de la qualité de l'eau traitée « Station de traitement-Chaiba Annaba». Mémoire de master, université d'Annaba, **2018**.
- [2] Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. L'analyse de l'eau. 9^{ème} Ed. Dunod, Paris, **2009**.
- [3] Chelli, M., Chetibi, N. E. Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau potable de la ville de Jijel alimentée par la station kissir. Mémoire de master, université de Jijel, **2018**.



Chapitre IV
Résultats et Discussions

Cette étude a été effectuée au sein du laboratoire central de l'Algériennes des eaux pendant trois mois (Janvier, Février et Mars) de l'année 2024. Elle concerne le suivie des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de deux différentes stations de traitement (Chaiba et Mexa). Les paramètres physico-chimiques suivie sont la température, le pH, la conductimétrie électrique (CE), la turbidité, le TAC, le TH, le CO₂ libre et total ainsi que la teneur des éléments Chlorure, Ca⁺², Mg⁺², NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄⁻³, Fe⁺².

IV.1. Résultats de l'analyse physico-chimique

Les résultats des analyses physico-chimiques sont classés dans le tableau IV.1 et comparés avec les différentes valeurs standards de potabilité.

Tableau IV.1 : Résultats de l'analyse physico-chimique des eaux traitées (ET) et brutes (EB) de deux stations de traitement (Chaiba et Mexa).

Mois	Paramètres	Unités	Station de Chaiba		Station de Mexa	
			EB	ET	EB	ET
Janvier	PH	/	7.09	7.11	6.91	6.73
	Température	°C	15.9	16.3	16.6	16.8
	CE	µs/cm	742	702	502	515
	Turbidité	NTU	28.8	5	47.1	2.63
	TAC	mg/CaCO ₃	150.1	133	93.1	83.6
	TH	mg/CaCO ₃	258	220	204	200
	Calcium	mg/l	63.32	56.11	60.12	72.14
	Magnésium	mg/l	24.3	19.44	13.12	4.86
	Ammonium	mg/l	0.15	< 0.064	< 0.064	< 0.064
	Nitrites	mg/l	0.14	< 0.02	0.1	< 0.02
	Phosphore	mg/l	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.025
	Fer total	mg/l	1.25	< 0.01	/	< 0.01
	CO ₂ total	mg/l	205.14	182.15	148.58	133.76
	CO ₂ libre	mg/l	44	39.37	48.63	44
	Chlorure	mg/l	89	84.87	43.78	47.15
Février	PH	/	7.43	7.46	7.68	7.65
	Température	°C	15.2	15.3	10.7	11.2
	CE	µs/cm	741	762	486	519
	Turbidité	NTU	17.8	4.9	198	2.14
	TAC	mg/CaCO ₃	170.6	173	96	66.7
	TH	mg/CaCO ₃	256	262	172	178
	Calcium	mg/l	52.9	49.7	46.5	49.7
	Magnésium	mg/l	30.13	33.5	13.6	13.1
	Ammonium	mg/l	0.17	< 0.064	< 0.064	< 0.064
	Nitrites	mg/l	0.18	< 0.02	0.036	< 0.02

	Phosphore	mg/l	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.025
	Fer total	mg/l	< 0.01	< 0.01	0.18	< 0.01
	CO ₂ total	mg/l	190	190	119	99.3
	CO ₂ libre	mg/l	16.21	4.63	16.2	27.8
	Chlorure	mg/l	74.36	79.6	41.7	42.4
Mars	PH	/	7.34	7.13	7.13	7.03
	Température	°C	16.3	16.3	16	15.6
	CE	µs/cm	328	353	460	466
	Turbidité	NTU	70.4	5	104	5
	TAC	mg/CaCO ₃	79.79	58.6	93.9	76.7
	TH	mg/CaCO ₃	166	184	172	178
	Calcium	mg/l	40.88	41.7	48.9	52.1
	Magnésium	mg/l	15.55	19.4	12.2	11.7
	Ammonium	mg/l	< 0.064	< 0.064	< 0.064	< 0.064
	Nitrites	mg/l	0.11	< 0.02	0.19	< 0.02
	Phosphore	mg/l	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.025
	Fer total	mg/l	0.72	< 0.01	0.54	< 0.01
	CO ₂ total	mg/l	111.1	93	115	108
	CO ₂ libre	mg/l	25.47	30.1	13.9	25.5
	Chlorure	mg/l	38.91	35.7	35.2	32.6

Afin d'interpréter les résultats trouvés, ces derniers ont été exprimés sous forme d'histogrammes

IV.2. Expression des Résultats

IV.2.1. Variation du pH

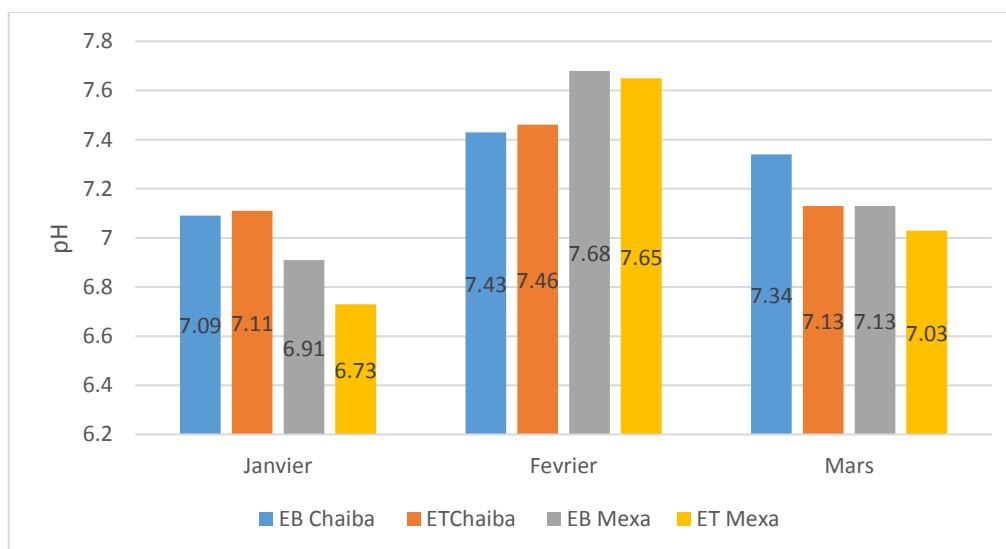
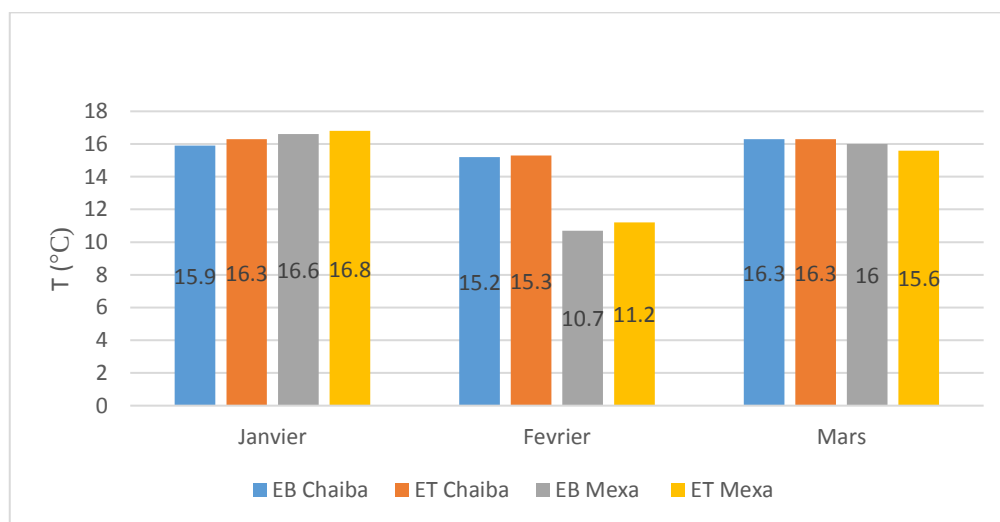


Figure IV.1 : Variation du pH pendant les trois mois d'étude.

Les résultats enregistrés pour les eaux traitées par la station de traitement de Chaiba indiquent des valeurs allant de 7.11 à 7.46. Ces résultats sont proches à ceux enregistrés pour les eaux traitées par la station de traitement de Mexa. Nous pouvons constater donc que les eaux de tous les échantillons traitées par les deux stations sont conformes à la norme algérienne de potabilité ($9 < \text{pH} < 6.5$).

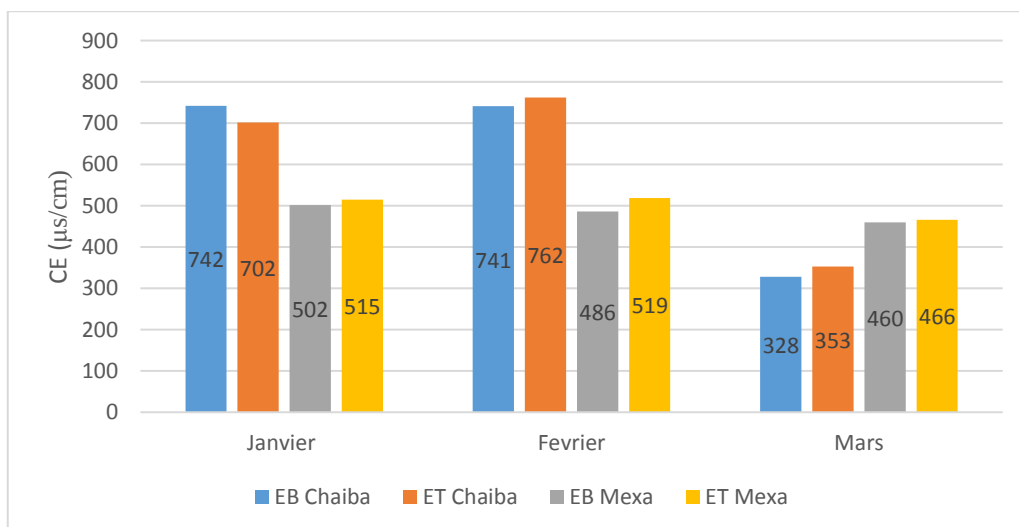
IV.2.2. Variation de la température



FigureIV.2 : Variation de température pendant les trois mois d'étude.

Il est noté que la température est probablement influencée par la saison d'échantillonnage. Selon nos résultats, les valeurs de la température des échantillons sont comprises entre 10.7°C et 16.8°C, ce qui confirme que ces valeurs sont toujours dans les normes algériennes (25°C).

IV.2.3. Variation de la conductivité électrique



FigureIV.3 : Variation de CE pendant les trois mois d'étude.

La variation des valeurs de conductivité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration. Les valeurs enregistrées varient entre 328 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeur minimale et 762 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeur maximale. Toutes les valeurs de conductivité sont dans la norme algérienne (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

IV.2.4. Variation de la turbidité

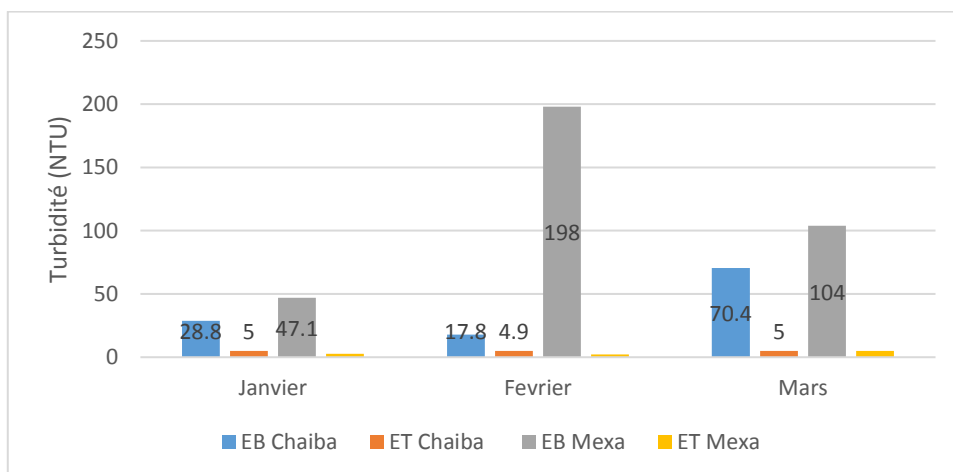


Figure IV.4 : Variation de la turbidité pendant les trois mois d'étude.

Les résultats trouvés montrent que la turbidité varie entre 28.8 NTU et 198 NTU pour les échantillons des eaux brutes, par contre les échantillons des eaux traitées varient entre 2.14 NTU et 5 NTU, ce qui confirme que les résultats de la turbidité restent toujours dans la norme internationale (5 NTU).

IV.2.5. Variation du TAC

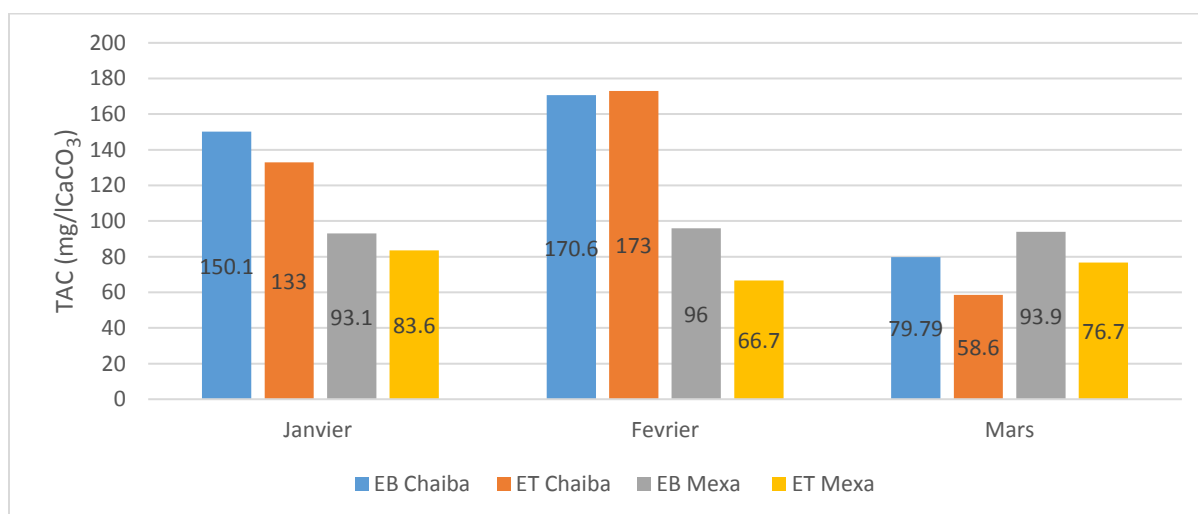


Figure IV.5 : Variation du TAC pendant les trois mois d'étude

D'après les résultats de ce paramètre, nous avons remarqué que les valeurs des eaux brutes varient entre 79.79 mg/l en CaCO_3 et 170.6 mg/l en CaCO_3 . Pour les valeurs des eaux traitées par les deux stations étudiées, nous remarquons qu'elles sont variées entre 58.6 mg/l en CaCO_3 et 173 mg/l en CaCO_3 . Ces valeurs sont toujours dans la norme algérienne (500 mg/l en CaCO_3)

IV.2.6. Variation de TH

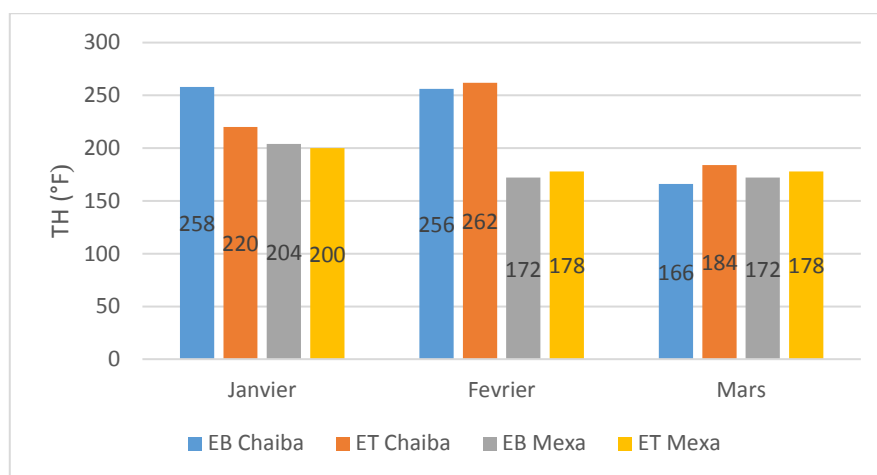


Figure IV.6 : Variation du TH pendant les trois mois d'étude

Selon les résultats trouvés, les valeurs du TH sont comprises entre 166 mg/l en CaCO_3 (°F) comme valeur minimale et 262 mg/l en CaCO_3 comme valeur maximale. Ces résultats ne dépassent pas la norme algérienne pour tous les échantillons (500 mg/l en CaCO_3).

IV.2.7. Variation de la teneur du Calcium

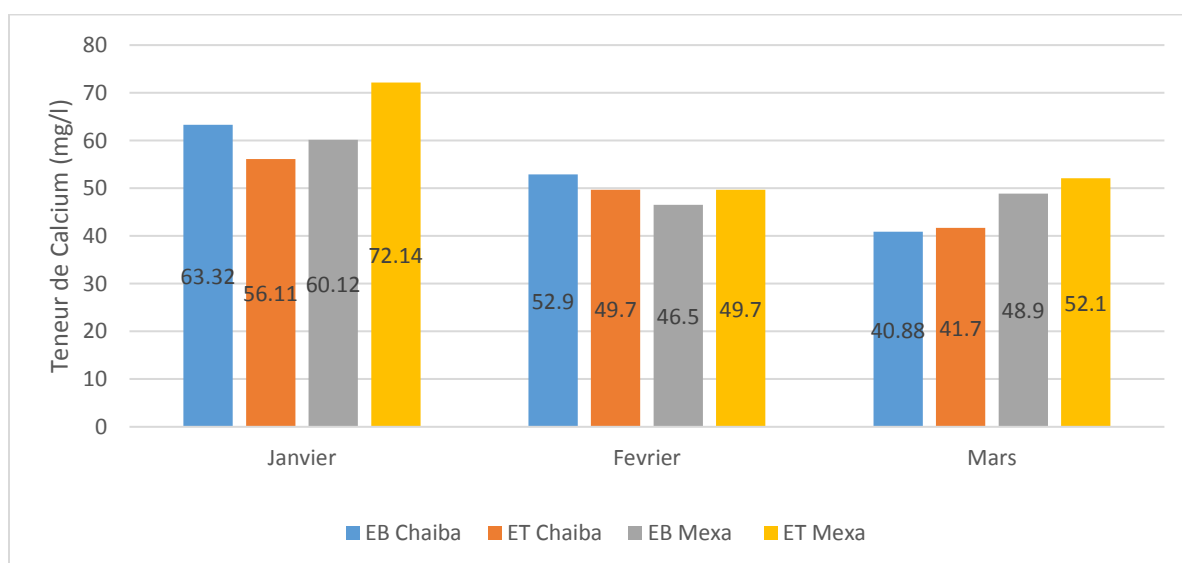


Figure IV.7 : Variation du calcium pendant les trois mois d'étude

Selon les résultats illustrés sur l'histogramme, on peut remarquer que les teneurs du calcium montrent une variation de 41.7 mg/l à 72.14 mg/l pour les eaux traitées, répondant ainsi aux normes algériennes de potabilité (200 mg/l).

IV.2.8. Variation de la teneur de Magnésium

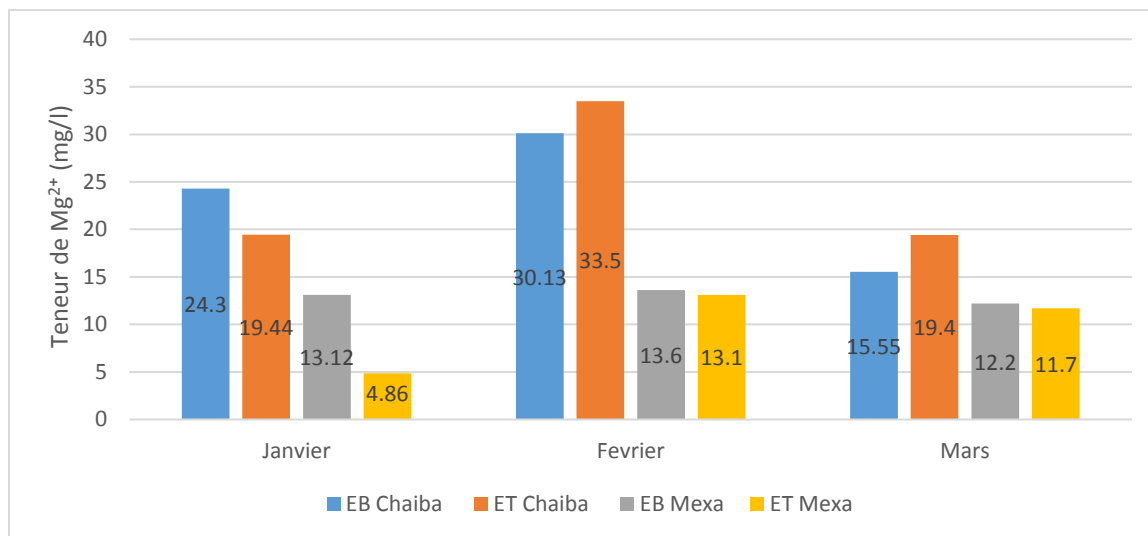


Figure IV.8 : Variation du Mg^{2+} pendant les trois mois d'étude

Il est noté que les valeurs du teneur de Magnésium pour les eaux traitées par les deux stations sont comprises entre 4.86 mg/l à 33.5 mg/l, répondant ainsi aux normes du journal officiel de la république algérienne (JORA) (150 mg/l).

IV.2.9. Variation de la teneur d'Ammonium

Selon le tableau IV.1, les résultats de la teneur d'ammonium pour tous les échantillons sont similaires (< 0.064 mg/l), excepté les échantillons des eaux brutes de la station de Chaiba pour les deux mois Janvier et Février. Il est noté que ces teneurs répondent aux normes de potabilité algériennes (0.5 mg/l).

IV.2.10. Variation de la teneur des Nitrites

Le tableau IV.1 indique que les résultats de la teneur de nitrites enregistrés des eaux traitées par les deux stations étudiées sont similaires (< 0.02 mg/l), ce qui confirme que ces valeurs respectent la norme de potabilité algérienne (0.2 mg/L).

IV.2.11. Variation de la teneur du Phosphore

Comme le montre le tableau IV.1, la teneur du phosphore pour tous les échantillons sont égaux (< 0.025 mg/l). Ces valeurs respectent la norme de potabilité algérienne (5 mg/L).

IV.2.12. Variation de la teneur de Fer total

Les résultats de la teneur de Fer total indiqués dans le tableau IV.1 montrent que les valeurs des eaux traitées sont presque nulles (< 0.01 mg/l). Ces valeurs restent dans la norme algérienne (0.3 mg/l).

IV.2.13. Variation de la teneur du CO₂ total

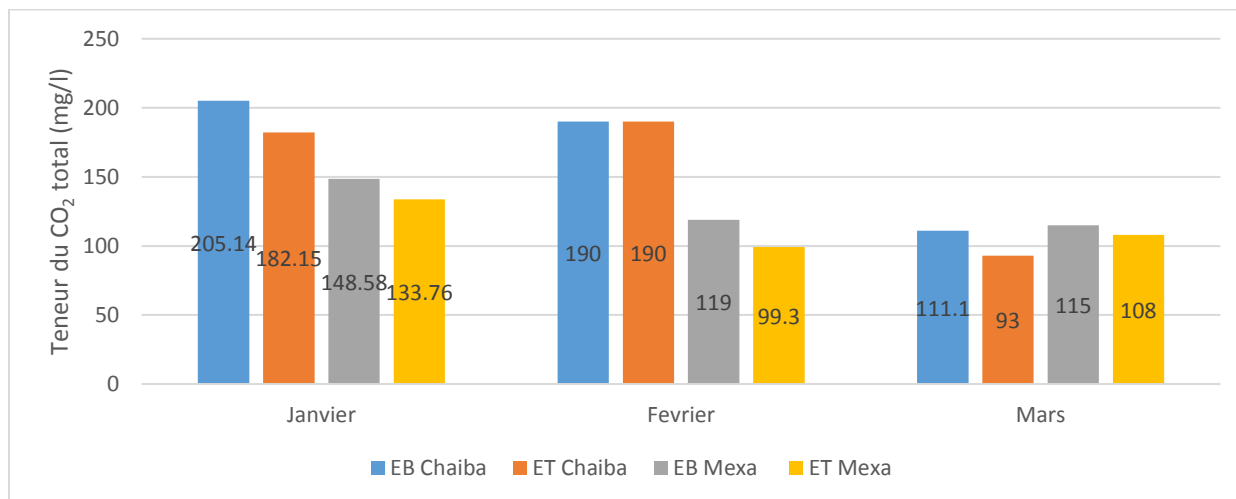


Figure IV.9 : Variation de la teneur du CO₂ total pendant les trois mois d'étude

Les valeurs enregistrées des eaux brutes pour la teneur du CO₂ total varient entre 111.1 mg/l comme valeur minimale et 205.14 mg/l comme valeur maximale. En revanche pour les eaux traitées, cette teneur ne dépasse pas 190 mg/l. Nous remarquons également que ces valeurs restent dans la norme algérienne.

IV.2.14. Variation de la teneur du CO₂ libre

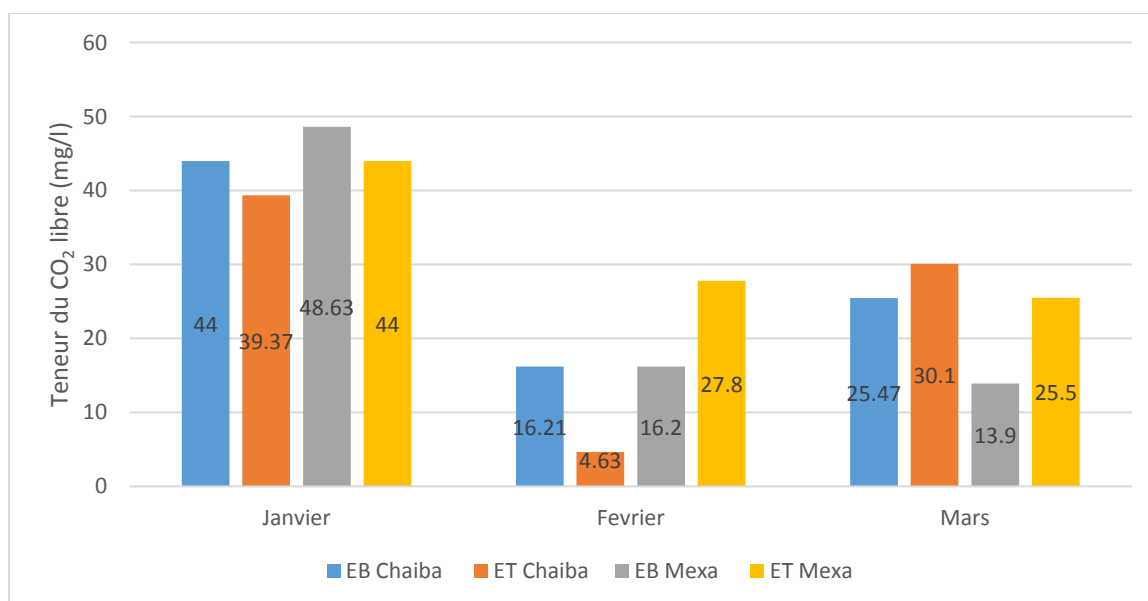


Figure IV.10 : Variation du CO₂ libre pendant les trois mois d'étude.

Nous remarquons que les valeurs de la teneur du CO₂ libre des eaux traitées sont comprises entre 4.63 et 44.00 mg/l et ne dépasse pas les normes (< 1500 mg/l)

IV.2.15. Variation de la teneur du Chlorure

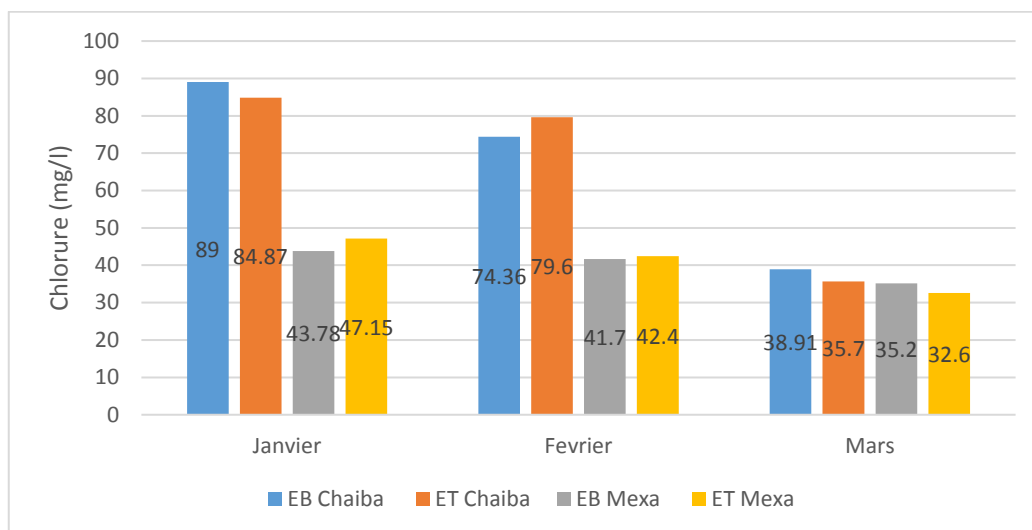


Figure IV. 11 : Variation de la teneur du chlorure pendant les trois mois d'étude

Les valeurs enregistrées pour les ions de chlorures des eaux traitées varient de 32.6 mg/l jusqu'au 84.87 mg/l. Ces valeurs sont toujours dans la norme de potabilité algérienne des eaux (500mg/L).

IV.3. Résultats d'analyses bactériologiques

IV.3.1. Résultats de dénombrements du microorganisme de l'eau

Les résultats de dénombrements des coliformes fécaux (CF) et totaux (CT), streptocoques fécaux (SF) des échantillons des eaux étudiées sont représentés dans le tableau IV.2.

Tableau IV.2 : Dénombrements des (GT), (CTF) et (SF) des échantillons des eaux traitées (ET) et brutes (EB) de deux stations de traitement (Chaiba et Mexa).

Mois	Paramètre	Unité	Station de Chaiba		Station de Mexa	
			EB	ET	EB	ET
Janvier	CF (44°C)	UFC/100ml	0	0	80	0
	CT (37°C)	UFC/100ml	0	0	> 100	0
	SF (37°C)	UFC/100ml	> 50	0	20	0
Février	CF (44°C)	UFC/100ml	1100	0	75	0
	CT (37°C)	UFC/100ml	1100	0	1100	0
	SF (37°C)	UFC/100ml	> 100	0	1100	0

Mars	CF (44°C)	UFC/100ml	0	0	20	0
	CT (37°C)	UFC/100ml	45	0	90	0
	SF (37°C)	UFC/100ml	10	0	20	0

IV.3.1.1. Variation de coliformes fécaux ou CF (UFC/100ml)

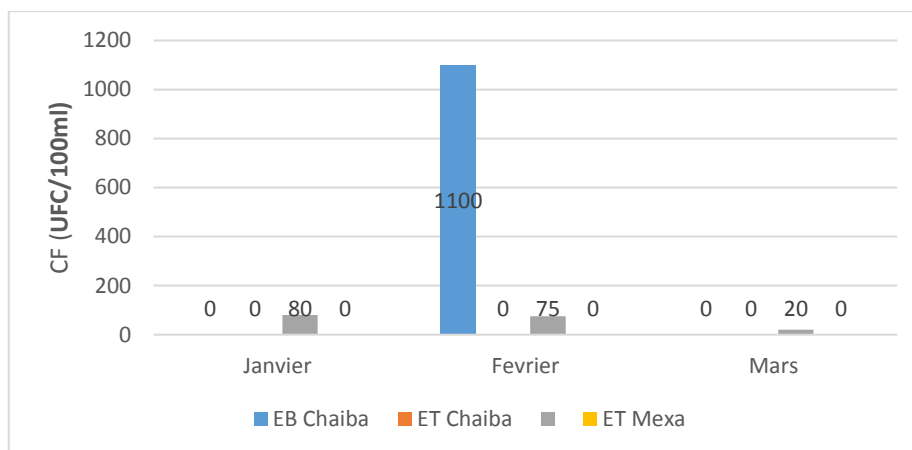


Figure IV. 12 : Variation de CF pendant les trois mois d'étude

Les résultats de cette étude ont indiqué que les valeurs de CF pour les eaux traitées sont nulles et restent aux normes algériennes (Ne dépasse pas zéro).

IV.3.1.2. Variation de coliformes totaux ou CT (UFC/100ml)

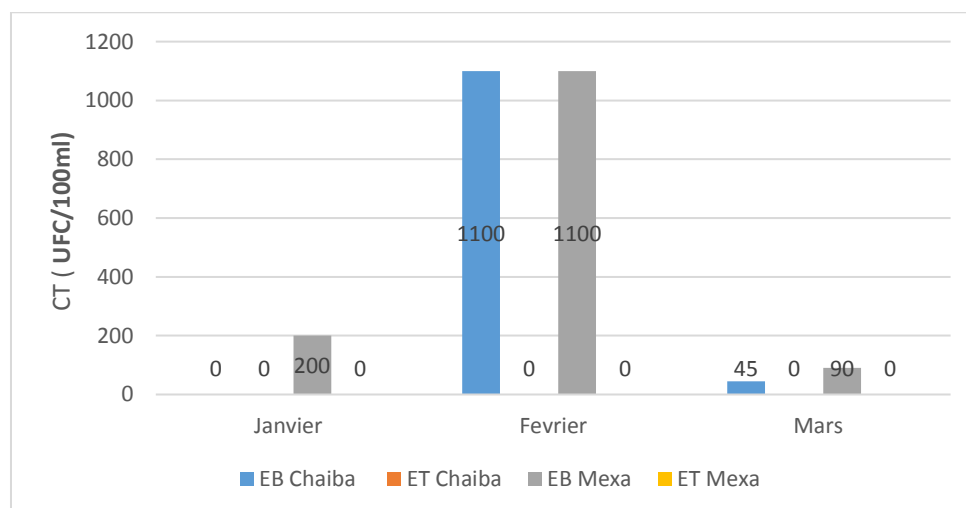


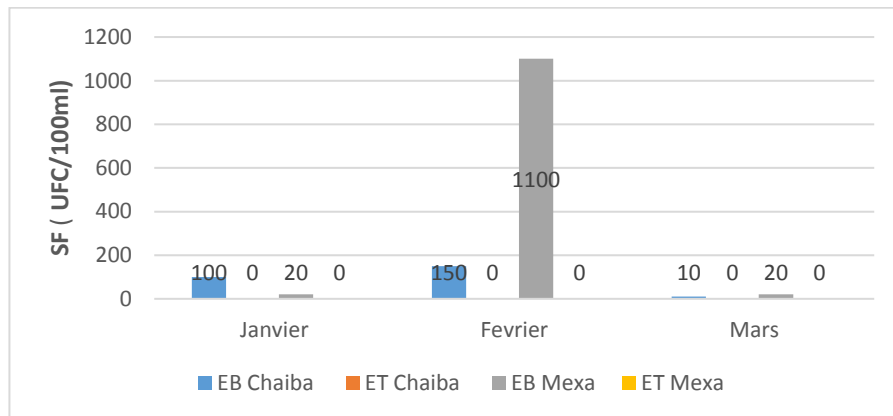
Figure IV.13 : Variation de CT (UFC/100ml) pendant les trois mois d'étude

Il a été détecté que les valeurs de CT pour les eaux traitées ne dépassent pas les normes algériennes (10UFC/100ml).

IV.3.1.3. Variation de streptocoques fécaux ou SF (UFC/100ml)

Nous remarquons que les valeurs des échantillons des eaux brutes de la station de Mexa pendant les mois de Janvier et Février sont respectivement (> 50) et (> 100). En

revanche les valeurs des eaux traitées pour les deux stations sont nulles, nous pouvons confirmer alors que ces eaux respectent les normes algériennes (Ne dépasse pas zéro).



FigureIV.14 : Variation de SF (UFC/100ml) pendant les trois mois d'étude.

Au cours de ce travail, nous nous sommes focalisés sur le contrôle de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau brute et eau traitée des stations de Chaiba et Mexa, qui sont alimentés respectivement par le Barrage de Mexa et celui de Chafia.

L'analyse physicochimique a été consacrée à l'étude de la variation de la température, pH, conductimétrie électrique, turbidité, TAC, TH, CO₂ libre et total ainsi que la teneur de quelques éléments chimiques tels que le Chlorure, Ca⁺², Mg⁺², NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄⁻³, Fe⁺².

Les résultats de traitement physico-chimiques obtenus pendant la période de Janvier-Mars ont montrés une élimination très satisfaisante des matières de pollution. Les matières polluantes concernées par ce traitement sont NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄⁻³ et Fe⁺²

L'étude bactériologique confirme l'absence des coliformes totaux et fécaux et *E.coli* dans les eaux traitées, c'est-à-dire un rendement d'élimination à 100%.

En conclusion, nous pouvons dire que de point de vu de qualité physico-chimiques et bactériologique, les eaux distribuées par les deux stations de traitements étudiées (Chaiba et Mexa) sont conformes aux normes Algérienne et de l'OMS pour la consommation humaine, donc le traitement des eaux de surface obtenues du barrage Cheffia et Mexa par ces deux stations est efficace.

Résumé

Au cours de ce travail. Nous nous sommes basées sur l'importance de traitement de l'eau potable de qualité physicochimique et bactériologique requise pour qu'on puisse qualifier qu'une eau est potable ainsi que l'identification de la qualité générale de l'eau brute des deux barrages (Mexa et cheffia). Une étude comparative de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux traitées par les stations de traitement (Mexa et Chaiba) a été effectuée, qui ont pour but de potabiliser l'eau de barrage de Mexa et cheffia, respectivement. Tous les résultats obtenus, répondent aux normes de potabilité appliquées dans notre pays, ce qui confirme que l'eau distribuée par les deux stations étudiées aux citoyens est potable.

Mots clés : Potabilité, Eau brute, Eau traitée, qualité physicochimique et bactériologique, barrage Mexa, barrage cheffia.

Summary

During this work. We based on the importance of the treating drinking water's physicochemical and bacteriological quality required for water to be qualified as drinkable as well as the identification of the general quality of the raw water from the two dams. (Mexa and cheffia). A comparative study of the water's physicochemical and bacteriological quality treated by the treatment stations (Mexa and Chaiba) has been carried out, which aim, respectively, to make the Mexa and Cheffia dam water potable. All obtained results meet the drinking standards applied in our country, which confirms that the water distributed by the two studied stations to citizens is drinkable.

Key words: Potability, Raw water, Treated water, Physicochemical and bacteriological quality, Mexa dam, Cheffia dam.

ملخص

خلال هذا العمل. اعتمدنا على أهمية معالجة مياه الشرب ذات الجودة الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية اللازمة لتكون المياه صالحة للشرب وكذلك تحديد الجودة العامة للمياه الخام لسدي مكسا والشافية. لقد تم إجراء دراسة مقارنة للجودة الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية للمياه المعالجة بالمحطتين (ماكسا والشفية) والتي تهدف على التوالي إلى جعل مياه سد مكسا وشفية صالحة للشرب. جميع النتائج التي تم الحصول عليها مطابقة لمعايير الشرب المطبقة في بلادنا، مما يؤكد أن المياه التي توزعها المحطتان المدروستان على المواطنين صالحة للشرب.

الكلمات المفتاحية: صلاحية الشرب، المياه الخام، المياه المعالجة، الجودة الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية، سد مكسا، سد الشافية.