



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

N série:.....

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة الشهيد حمه لخضر

Université Echahid Hamma Lakhdar - El OUED

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département de biologie Cellulaire et Moléculaire

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences  
biologiques

Spécialité : Toxicologie appliquée

### THEME

***Contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique***

***de l'eau potable dans la région souf. Station Nord d'Afrique,***

***Tiksebt El Oued***

Présenté Par :

Soutenu publiquement le

Devant le jury composé de :

M<sup>elle</sup> BENDAOU Khouloua

M<sup>me</sup> LASSOUED Fariha

Présidente : M<sup>me</sup> BOUTELIS Safia.

Examineur : M<sup>r</sup> ALIA Zaid.

Promotrice : M<sup>me</sup> BOURAS Biya.

M.C.A, Université d'ElOued.

M.C.B, Université d'ElOued.

M.A.B, Université d'ElOued.

- Année universitaire 2018/2019 -

## *Remerciements*

*Tout d'abord, je tiens à remercier Allah, Le tout puissant et Le miséricordieux, de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience pour réaliser et accomplir ce modeste travail.*

*J'exprime toute ma gratitude et mes sincères remerciements à madame **Bouras Biya**. Pour avoir proposé ce thème et pour m'avoir dirigé tout au long de la réalisation de ce travail, pour son esprit scientifique, ses précieux conseils et ses encouragements.*

*Mes vifs remerciements vont aux membres du jury :*

*Mademoiselle **Boutelis S**. D'avoir accepté de présider le jury, ainsi que, d'avoir Monsieur **Alia Z**. accepté d'examiner ce travail. Veuillez trouver ici, l'expression de ma reconnaissance et mon respect*

*Je tiens à remercier aussi à Monsieur **Zitoun A**. pour son aide précieuse et ses conseils.*

*Je remercie aussi, les membres de l'équipe du laboratoire **ADE** et **L'ONA** et **Nord d'Afrique** pour leur contribution et le temps qu'ils ont consacré pour la réalisation de ce mémoire.*



*Dédicace*

*Je dédie ce Travail*

*A mes chers parents, ma mère,*

*et mon père*

*pour leur patience, leur*

*amour,*

*leur soutien*

*Je remercie beaucoup ma famille*

*son aide*

*et ses encouragements.*

*A tout(e)s mes ami(e)s de la promo*

*Toxicologie appliquée.*

*Khaoula.*

## Listes des figures

<b>Figure n°01</b> : Différents types de traitement de l'eau.....	08
<b>Figure n°02</b> : Situation géographique de station Nord d'Afrique Tiksebt ElOued .	22
<b>Figure n°03</b> : Image photographique de prélèvements des échantillons d'eau.....	23
<b>Figure n°04</b> : Mesure de la conductivité.....	26
<b>Figure n°05</b> : Mesure du pH.....	27
<b>Figure n°06</b> : Mesure la salinité. ....	27
<b>Figure n°07</b> : Thermomètre digitale. ....	28
<b>Figure n°08</b> : Dosage de calcium.....	29
<b>Figure n°09</b> : Dosage de la dureté totale (TH).....	29
<b>Figure n°10</b> : Dosage de chlorure.....	30
<b>Figure n°11</b> : Dosage de bicarbonate.....	31
<b>Figure n°12</b> : Dosage de nitrite (NO <sub>2</sub> ) par spectrophotomètre.....	32
<b>Figure n°13</b> : Spectrophotomètre multiparamètre.....	33
<b>Figure n°14</b> : Technique de filtration sur membrane.....	36
<b>Figure n°15</b> : Recherche des spores des bactéries sulfito-redacteur.....	37
<b>Figure n°16</b> : Diagramme de conductivité électrique des eaux étudiées.....	40
<b>Figure n°17</b> : Diagramme de pH des eaux étudiées.....	41
<b>Figure n°18</b> : Diagramme de la salinité des eaux étudiées.....	42
<b>Figure n°19</b> : Diagramme de température des eaux étudiées.....	43
<b>Figure n°20</b> : Diagramme de calcium d'eaux étudiées.....	43
<b>Figure n°21</b> : Diagramme du titre hydrométrique des (TH) des eaux étudiées...	44
<b>Figure n°22</b> : Diagramme de chlorure des eaux étudiées.....	45
<b>Figure n°23</b> : Diagramme de magnésium des eaux étudiées.....	46
<b>Figure n°24</b> : Diagramme de titre alcalimétrique complet (TAC).....	47
<b>Figure n°25</b> : Diagramme de bicarbonate des eaux étudiées.....	47
<b>Figure n°26</b> : Les valeurs de nitrites des eaux étudiées.....	48
<b>Figure n°27</b> : La variation de valeur de nitrate des eaux étudiées.....	49
<b>Figure n°28</b> : Diagramme de résidu sec des eaux étudiées.....	50
<b>Figure n°29</b> : Les photos de résultat des analyses bactériologiques.....	52

## Liste des Tableaux

<b>Tableaux n°01</b> : Nombre d'échantillon de l'eau de consommation humain examiné	23
<b>Tableaux n°02</b> : Normes recommandées des paramètres physico-chimiques.....	39
<b>Tableaux n° 03</b> : Les résultats de quelques paramètres de métaux lourds.....	50
<b>Tableaux n° 04</b> : Normes recommandées des paramètres microbiologiques.....	51

## Liste des abréviations

**ADE** :L'algérienne des eaux.

**cm<sup>2</sup>** : Centimètre carré.

**DBO5** : Demande Biochimique en Oxygène.

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène.

**EDTA** : Ethylène diamine tétra acétique.

**MES** : Matière en suspension.

**mg/l** : Milligramme par litre.

**ml** : Millilitre.

**NA** : Normes Algériennes.

**NET** : Noir d'Eriochrom T.

**OMS** :Organisation mondiale de la santé.

**ONA** :Office National de l'Assainissement.

**PH** : Potentiel d'hydrogène.

**TAC** :Titre alcalimétrique complet.

**TGEA** : Tryptone Glucose Extract Agar.

**TTC**:Triphenyl Terazolium chloride.

**TH** : Titre hydrométrique(Dureté Totale).

**µs / cm** : Micro-siémens par centimètre.

**%** : Pourcentage.

**(+)** : Positive.

**(-)** : Négative.

## **Résumé**

L'approvisionnement en eau constitue actuellement un besoin majeur dans les différents domaines de la vie, en raison de l'accroissement de la population et du développement sans cesse du niveau de vie au fil du temps. L'étude réalisée a pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de la ville d'El Oued destinée à la consommation humaine. A travers des analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux échantillonnées, et examinées au laboratoire de l'ADE, l'ONA d'El Oued et de Fatilab, puis les données font l'objet d'une comparaison entre eux et par rapport aux normes de potabilité Algériennes.

Les résultats obtenus des échantillons prélevés, sont clairs ne présentent ni odeur, ni saveur désagréable. Sur le plan physico-chimique, les concentrations des éléments obéissent aux normes de potabilité de qualité. Alors que, sur le plan microbiologique, elles révèlent l'absence de tous germes indicateurs de pollution. Enfin, l'eau de la station Nord d'Afrique peut être classée comme une bonne qualité et elle est conforme aux normes recommandées.

---

**Mots clés :** Eau potable, qualité, El Oued, normes de potabilité, analyses physico-chimiques, analyses microbiologiques.

## المخلص

تعد إمدادات المياه في الوقت الحالي حاجة كبيرة في مختلف مجالات الحياة ، نظرًا لتزايد عدد السكان ومستويات المعيشة المتزايدة مع مرور الوقت. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الجودة الفيزيائية والميكروبيولوجية لمياه مدينة الواد المخصصة للاستهلاك البشري. من خلال التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لمياه العينات ، وفحصها في مختبر ADE ، ONA في الوادي و Fatilab ، ثم تتم مقارنة البيانات مع بعضها البعض ومع المعايير الجزائرية للقدرة.

النتائج التي تم الحصول عليها من العينات التي تم التقاطها واضحة وليست لها رائحة أو طعم غير سار. على المستوى الفيزيائي والكيميائي ، تركيزات العناصر تطيع معايير القدرة على الجودة. بينما في علم الأحياء المجهرية ، فإنها تكشف عن عدم وجود أي جراثيم مؤشرة للتلوث. أخيرًا ، يمكن تصنيف المياه من محطة شمال إفريقيا على أنها ذات نوعية جيدة وتتوافق مع المعايير الموصى بها.

---

**الكلمات المفتاحية:** مياه الشرب ، النوعية ، الوادي ، معايير القدرة ، التحليل الفيزيائي الكيميائي ، التحليل الميكروبيولوجي.

## **Summary**

Water supply is currently a major need in the different areas of life, due to the growing population and ever increasing standards of living over time. The purpose of the study is to evaluate the physicochemical and microbiological quality of the water of the city of El Oued intended for human consumption. Through physico-chemical and microbiological analyzes of the sampled waters, and examined at the ADE laboratory, the ONA of El Oued and Fatilab, .then the data are compared with each other and with Algerian standards of potability

The results obtained from the samples taken are clear and have no odor or unpleasant taste. On the physico-chemical level, the concentrations of the elements obey the standards of quality potability. While microbiologically, they reveal the absence of any indicator germs of pollution. Finally, the water from the North Africa station can be classified as good quality and it complies with the recommended standards

---

**Key words :** Drinking water, quality, El Oued, potability standards, physicochemical .analyzes, microbiological analyzes.

# Table des Matières

Liste de figures

Liste de tableaux

Liste des abréviations

Résumé

## Revue bibliographique

### Chapitre I : Généralistes sur l'eau

Introduction.....	01
I.1 Sources naturelles de l'eau.....	03
I.1.1 Eaux de pluie.....	03
I.1.2 Eau de la Mer.....	03
I.1.3 Eaux de surfaces.....	04
I.2.4 Eaux souterraines.....	04
I.2 Propriétés de l'eau.....	05
I.2.1 Propriétés physiques.....	05
I.2.1.1 Masse volumique.....	05
I.2.1.2 Propriétés thermiques.....	05
I.2.1.3 Viscosité.....	05
I.2.1.4 Tension superficielle.....	05
I.2.1.5 Propriétés électriques.....	06
I.2.1.6 Propriétés optiques.....	06
I.2.1.7 Impuretés dans l'eau.....	06
I.2.2 Propriétés chimiques.....	06
I.2.2.1 L'eau solvant.....	06
I.2.2.2 Ionisation.....	06
I.2.2.3 Oxydoréduction.....	06
I.3 Classification des eaux.....	07
I.4 Traitement de l'eau.....	07
I.4.1 Prétraitement.....	08
I.4.2 Préoxydation.....	09
I.4.3 Traitement de clarification.....	09
I.4.3.1 Coagulation-floculation.....	09
I.4.3.2 Décantation.....	10

I.4.3.3 Filtration.....	10
I.4.3.4 Membranes.....	11
I.4.4 Traitement de désinfection.....	12
I.5 Problématiques.....	13
I.5.1 Pollution de l'eau.....	13
I.5.2 Maladies liées à la consommation de l'eau.....	13
I.5.2.1 Maladies d'origine bactérienne.....	13
I.5.2.2 Maladies d'origine virale.....	14
I.5.2.3 Maladies d'origine parasitaire.....	14
I.5.2.4 Maladies liées au manque d'eau.....	14
I.5.2.5 Maladies liées à la présence de substance chimique dans l'eau.....	14

## **Chapitre II : Qualité de l'eau de consommation humain**

II.1 Paramètres organoleptiques.....	15
II.1.1 Couleur.....	15
II.1.2 Odeur.....	16
II.1.3 Goût.....	16
II.2 Qualité physico-chimique.....	16
II.2.1 Qualité physique.....	16
II.2.1.1 Température.....	16
II.2.1.2 Potentiel d'hydrogène.....	16
II.2.1.3 Conductivité électrique.....	16
II.2.1.4 Turbidité.....	17
II.2.1.5 Salinité.....	17
II.2.1.6 Matières en suspension (MES).....	17
II.2.1.7 Résidu Sec (RS).....	17
II.2.2 Qualité chimique.....	18
II.2.2.1 Chlorures.....	18
II.2.2.2 Dureté totale (TH).....	18
II.2.2.3 Titre alcalimétrique complet (TAC).....	18
II.2.2.4 Magnésium ( $Mg^{2+}$ ).....	18
II.2.2.5 Calcium ( $Ca^{2+}$ ).....	18
II.2.2.6 Demande biochimique en oxygène (DBO5).....	18
II.2.2.7 Fer ( $Fe^{+2}$ ).....	19

II.2.2.8 Chrome.....	19
II.2.2.9 Zinc.....	19
II.2.3 Qualité Microbiologique.....	19
II.2.3.1 Recherche des germes Totaux à 22 C° et 37 C°.....	19
II.2.3.2 Recherche des coliformes Totaux.....	20
II.2.3.3 Recherche des <i>Escherichia coli</i> .....	20
II.2.3.4 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	20
II.2.3.5 Recherche des Entérocoques.....	21
II.2.3.6 Recherche de spore <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	21

### **Matériels et méthodes**

I. Site d'étude et échantillonnage.....	22
I.1 Site d'étude.....	22
I.2Echantillonnage et nombre de prélèvement.....	23
II. Matériels.....	24
II.1 Appareillages.....	24
III.2.1.1 Appareillages physico-chimiques.....	24
III.2.1.2 Appareillages des paramètres microbiologiques.....	24
III.2.2 Petit matériel.....	25
II.2.3 Produits chimiques, réactifs et milieux de cultures.....	25
II.2.3.1 Produits chimiques.....	25
II.2.3.2 Réactifs.....	25
II.2.3.3 Milieux de culture et additifs.....	25
III.3 Méthodes.....	25
III.3.1 Paramètres physico-chimiques.....	25
III.3.1.1 Analyses électrochimiques.....	25
II.3.1.1.1 Mesure de la conductivité électrique.....	26
II.3.1.1.2 Mesure du pH.....	26
II.3.1.1.3 Mesure la salinité.....	27
II.3.1.1.4 Mesure la température.....	27
III.3.1.2 Analyses volumétriques.....	28
III.3.1.2.1 Dosage du calcium (ca+2).....	28
III.3.1.2.2 Dosage la durezza totale (TH).....	29
III.3.1.2.3 Mesure de chlorure.....	30

III.3.1.2.4 Mesure de magnésium(Mg <sup>2+</sup> ).....	30
III.3.2.1.5 Détermination de Bicarbonate à partir de TAC.....	30
III.3.2.1.6 Mesure de nitrite NO <sub>2</sub> .....	31
III.3.2.1.7 Mesure de Nitrate (NO <sub>3</sub> ).....	32
III.3.1.3 Détermination du résidu-sec (Méthode d'évaporation).....	32
III.3.1.4 Test de chlore.....	32
III.3.1.5 Analyse des métaux lourds.....	33
III.3.1.5.1 Le fer.....	33
III.3.1.5.2 Le chrome.....	34
III.3.1.5.3 Le cuivre.....	34
III.3.1.5.4 Le nickel.....	34
III.3.1.5.5 Le zinc.....	35
III.3.2 Paramètres Microbiologiques.....	35
III.3.2.1 Dénombrement des germes totaux.....	36
III.3.2.2 Recherche de coliformes totaux et thermotolérants.....	36
III.3.2.3 Recherche de spores des bactéries sulfito-réducteurs.....	37
III.3.2.4 Recherche de <i>Pseudomonas aerogenosa</i> .....	38
III.3.2.5 Recherche des entérocoques.....	38

### **Résultat et discussion**

I.1 Paramètres physico-chimiques.....	39
I.1.1 Conductivité.....	40
I.1.2 Potentiel d'hydrogène (pH).....	41
I.1.3 Salinité.....	42
I.1.4 Température.....	42
I.1.5 Calcium(Ca <sup>2+</sup> ).....	43
I.1.6 Titre Hydrométrique (Dureté Totale TH).....	44
I.1.7 Chlorure (Cl <sup>-</sup> ).....	45
I.1.8 Magnésium (Mg <sup>2+</sup> ).....	46
I.1.9 Titre Alcalimétrique complet (TAC).....	46
I.1.10 Bicarbonate.....	47
I.1.11 Nitrite.....	48
I.1.12 Nitrates.....	48
I.1.13 Résidu Sec (RS).....	49

1.1.13 Chlore libre (Cl <sub>2</sub> ).....	50
1.1.14 Les métaux lourds.....	50
I.2 Paramètres microbiologiques.....	52
<b>Conclusion.....</b>	<b>53</b>

**Références bibliographiques**

**Annexes**

# *Introduction*

## Introduction générale

L'eau douce constitue un élément indispensable pour la vie des hommes, des animaux et des plantes. Avoir de l'eau à disposition en quantité et en qualité suffisantes contribue au maintien de la santé. L'eau peut aussi être source de maladies du fait de sa contamination par des déchets ménagers, industriels, agricoles et par divers déchets organiques (**OMS, 2003**).

La demande en eau potable de bonne qualité est de plus en plus forte et les besoins en eau dans les secteurs industriels et agricoles sont de plus en plus élevés. En effet, les estimations les plus modérées prédisent un déficit de plusieurs millions m<sup>3</sup>/J dans les années à venir, ce qui se traduira dans certains pays par la baisse de la qualité de la vie et pour d'autre à la mise en danger de sa population (**Zouag et Belhadj, 2011**).

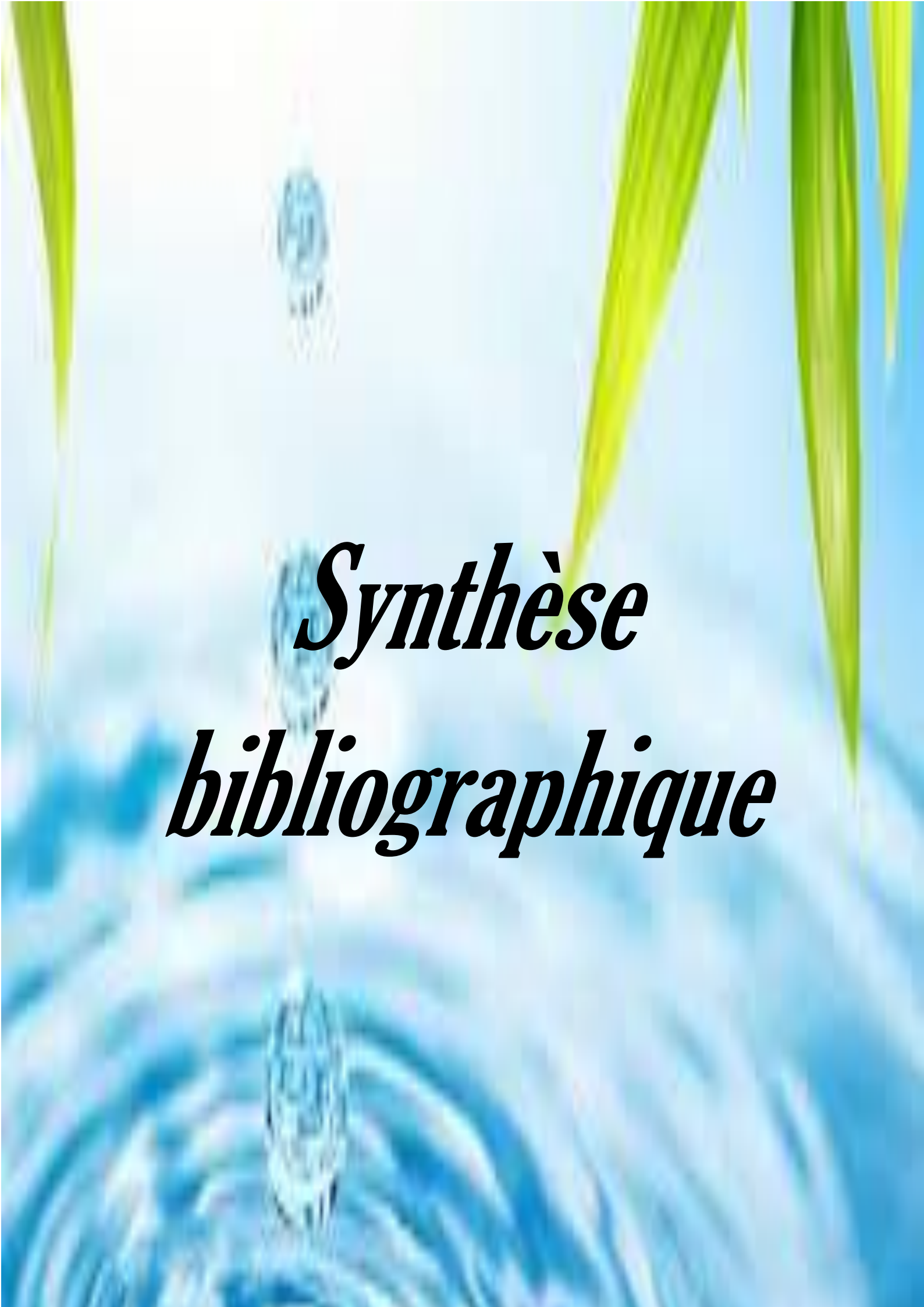
Le dessalement de l'eau est considéré comme une technique aussi ancienne que la terre elle-même, en effet, Ce cycle naturel de l'eau, qui consiste à une évaporation à partir des océans et des mers suivie d'une condensation de la vapeur ainsi formée donnant de l'eau douce qui tombe sous forme de pluies et de chutes de neige, est considéré comme le plus grand système de dessalement sur terre. Par ailleurs, il semble que l'homme ait connu ce phénomène depuis fort longtemps. Comme un procédé de dessalement, L'osmose inverse est un phénomène naturel pour le dessalement d'eau souterraine ou de surface ; elle utilise des membranes denses qui laissent passer le solvant et arrêtent tous les sels, qui se produit lorsqu'on sépare une solution diluée d'une solution concentrée par une membrane semi-perméable. L'eau sous l'action d'une force générée par le gradient de concentration passe à travers la membrane de la solution la moins concentrée vers la plus concentrée. La différence de concentration crée une pression, appelée pression osmotique (**Issaadi et Khebat, 2015**).

La plupart des Algériens consomment de l'eau potable qui leur est fournie par des réseaux publics de distribution qui doivent satisfaire à des exigences de qualité fixées par des normes nationales. L'ensemble des efforts nationaux pour l'alimentation de la population en eau potable a permis d'atteindre un taux de raccordement des foyers à l'eau potable de 93% en 2008 alors qu'il était de 78% en 1999 et de 92% en 2007 (**Rouissat, 2010**). Diverses études en Algérie ont porté sur la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux. Elles ont pu estimer leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et l'environnement.

Ainsi peu de travaux ciblant l'étude de l'eau filtrée de la station Nord d'Afrique sont réalisés en citant le travail de **Chabbi et Nezli (2018)**.

Afin de, nous avons réalisé une étude qui a porté sur le contrôle de la qualité physico-chimique de ces eaux et ce, en mesurant la température, le pH, la conductivité, la dureté totale, les nitrites, les nitrates, le calcium, le magnésium, chlorures et le chlore avec quelques métaux lourds ; En passant obligatoirement par la détermination de la qualité microbiologique en comparant les résultats aux normes locales de potabilité de l'eau de manière à déterminer la qualité des eaux de la ville.

Ce travail a pour but de contrôler la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau potable d'origine souterraine, distribuée dans la wilaya d'El Oued. Dans une première partie de ce manuscrit sera proposée une revue bibliographique qui vise les généralités sur l'eau, et la qualité de l'eau de consommation. La partie matériels et méthodes décrit le site d'étude et les différentes techniques analytiques utilisées. Les résultats obtenus sont comparés et discutés dans la troisième partie et une conclusion qui fera la synthèse des résultats obtenus.

The background of the page features a close-up, high-speed photograph of water splashing. The water droplets are captured in mid-air, creating a dynamic and refreshing visual. The water is a clear, bright blue, and the splashing creates intricate patterns of white foam and blue ripples. In the upper portion of the image, several long, slender green leaves, likely from a plant like a banana or a similar tropical species, are visible, extending diagonally across the frame. The overall composition is clean and modern, with a focus on natural elements.

***Synthèse  
bibliographique***

## I. Introduction

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, la cellule baigne toujours dans l'eau. Cette dernière joue un rôle dans la régulation de la concentration intracellulaire et extracellulaire donc dans les échanges cellulaires qui permettent à leur tour à l'organisme de croître et de se développer (**Hubert et al., 2001**).

L'eau destinée à l'alimentation humaine doit présenter un certain nombre de critères aussi bien organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques car, elle constitue un réservoir important pour la survie et la dissémination de microorganisme (bactéries, virus, protozoaires et parasites), ce qui la rend impropre à la consommation humaine. Ces microorganismes véhiculés directement ou indirectement, sont pathogènes pour l'homme. Ils sont à l'origine de nombreuses maladies dangereuses et infectieuses (Choléra, hépatite A...etc.) dites maladies à transmission hydrique (**Nanfack et al., 2014**).

### I.1 Sources naturelles de l'eau

Il se trouve quatre sources principales d'eaux brutes : les eaux de pluie, les eaux de mer, les eaux de surface et les eaux souterraines. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant (**Ayad, 2017**).

L'eau prélevée des milieux naturels n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine. Elle doit subir des traitements selon les exigences réglementaires de qualité en tous points du réseau, pour pouvoir être consommée sans danger par l'ensemble de la population (**Nabih, 2013**).

#### I.1.1 Eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour la consommation humaine. Elles sont très douces par la présence d'oxygène et d'azote et l'absence des sels dissous comme les sels de magnésium et de calcium. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être souillées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau (**Desjardins, 1997**).

#### I.1.2 Eau de la Mer

Les eaux de la Mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Ces eaux sont caractérisées par une grande salinité (varie de 33000 à 37000 mg/ L), elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres ». Ce qui rend

l'utilisation de ces eaux difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (**Ayad, 2017**).

### **I.1.3 Eaux de surfaces**

Les eaux de surface (douce) sont l'eau celle qui coulent ou qui stagnent à la surface du sol (**Bohy, 2003**).

Les eaux de surface sont considérées comme les principales sources d'eau potable. Ces eaux s'avèrent souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par nos activités urbaines, industrielles et agricoles ; De ce fait, les eaux de surface nécessitent des installations de traitement conséquentes comprenant généralement des opérations de chloration, coagulation, floculation, décantation/flottation, filtration et minéralisation. L'eau de surface peut aussi être filtrée sur de charbon actif, l'ozonisation est aussi une technique utilisée pour éliminer les micropolluants, les germes, les mauvais goûts, les couleurs et les odeurs (**Kudrineebelalia, 2006**).

Les eaux de surface sont constituées par les eaux des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs et des glaciers. Il s'agit d'une masse d'eau bien individualisée, solide ou liquide, immobile ou en mouvement (**Manceur et al, 2016**).

### **I.2.4 Eaux souterraines**

Les eaux qui ne sont ni ré-évaporées, ni retournées à la Mer par ruissellement, s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (**Mokdadi et al., 2015**).

Les eaux potables d'origine souterraines proviennent de deux sources essentielles : les nappes profondes et les nappes phréatiques. Les eaux des nappes profondes sont bien protégées des contaminants microbiens. Par contre, elles sont beaucoup plus accessibles aux souillures chimiques tels que les nitrates, les hydrocarbures, les détergents, les pesticides, les métaux...etc. En dépit de ce danger, les eaux profondes lorsqu'elles sont potables, sont idéales pour le consommateur (**Manceur et al , 2016**).

## I.2 Propriétés de l'eau

L'eau est complexe, anormale, mystérieuse, inexplicable, exotique, exceptionnelle, particulière, et aussi c'est un élément rebelle, souple, labile et versatile au regard des autres (Spellman et *al.*, 2008).

L'analyse structurale a permis de connaître la forme de la molécule d'eau, c'est une sorte de compas dont l'axe est occupé par l'atome d'oxygène et dont les bras sont formés par deux atomes d'hydrogène. L'angle H—O—H a une valeur de 104,30°, liquide et il se contracte quand on le chauffe, devient moins visqueux quand on le comprime et sa densité augmente en passant de l'état liquide à l'état solide (Olivaux, 2007).

### I.2.1 Propriétés physiques

#### I.2.1.1 Masse volumique

La masse volumique varie avec la température et la pression, elle passe par un maximum à environ 4°C. Cette propriété entraîne diverses conséquences, aussi bien dans la nature que dans les stations de traitement. L'eau est considérée comme un fluide incompressible. Mais, en fait, c'est un fluide légèrement élastique (Rovel et *al.*, 2005).

#### I.2.1.2 Propriétés thermiques

L'importance des propriétés thermiques comme la chaleur massique et les enthalpies fait que les grandes étendues d'eau à la surface de la terre constituent de véritables volants thermiques. C'est également la raison de l'utilisation de l'eau comme fluide caloporteur (Rovel et *al.*, 2005).

#### I.2.1.3 Viscosité

C'est la propriété que présente un fluide (liquide ou gaz) d'opposer une résistance aux divers mouvements soit internes (exemple : turbulence), soit globaux (exemple : écoulement) (Rovel et *al.*, 2005).

#### I.2.1.4 Tension superficielle

Elle caractérise une propriété des interfaces (surfaces limitant deux phases). Elle est définie comme une force de traction qui exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface. La tension superficielle diminue avec l'augmentation de la température, et aussi l'addition de sels dissous augmente généralement la

tension superficielle. Il existe d'autres corps qui la diminuent, ils sont appelés tensioactifs (exemple : détergents) (Rovel et *al.*, 2005).

#### **I.2.1.5 Propriétés électriques**

L'eau est légèrement conductrice. La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de 4,2 micros siemens par mètre à 20°C (correspond à une résistivité de 23,8 mégohms-centimètres). Elle augmente lorsque des sels sont dissous dans l'eau et elle varie en fonction de la température (Rovel et *al.*, 2005).

#### **I.2.1.6 Propriétés optiques**

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse. Cette transparence est utilisée pour apprécier certaines formes de pollution et, en conséquence l'efficacité des traitements d'épuration (Rovel et *al.*, 2005).

#### **I.2.1.7 Impuretés dans l'eau**

Les impuretés présentes dans l'eau constituent deux catégories :

- ✓ Matières en suspension : matières minérales ou organiques qui restent en suspension du fait de la turbulence de l'eau ou de leur densité trop voisine de celle de l'eau, elles sont sans interférence importante avec l'eau qui les entoure ;
- ✓ Matières dissoutes : elles concernent des composés minéraux ou organiques, macromoléculaires, ainsi que des gaz souvent très solubles dans l'eau (**Hachemaoui, 2014**).

### **I.2.2 Propriétés chimiques**

#### **I.2.2.1 L'eau solvant**

Le pouvoir solvant de l'eau provoque l'altération partielle ou complète de divers liens entre les atomes (dissociation) et dans les molécules (ionisation) et du corps à dissoudre pour les remplacer par de nouveaux liens avec ses molécules propres (hydratation). Une solvation complète est une dissociation (Rovel et *al.*, 2005).

#### **I.2.2.2 Ionisation**

Un composé minéral dissous dans l'eau se dissocie plus ou moins avec apparition d'ions chargés négativement (anions) et positivement (cations). Le corps dissous est appelé électrolyte ; il transporte le courant électrique (Rovel et *al.*, 2005).

#### **I.2.2.3 Oxydoréduction**

Les phénomènes d'oxydoréduction présentent une grande importance dans toutes les technologies de l'eau. L'eau elle-même peut participer, suivant des conditions expérimentales et selon certaines réactions chimiques comme un donneur d'électrons (elle est réductrice) ou un accepteur d'électrons (elle est oxydante) (**Hachemaoui, 2014**).

### **I.3 Classification des eaux**

Les critères de classement prennent en compte de nombreux paramètres de différente nature, concernant les caractéristiques physico-chimiques de l'eau selon (**décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001**) :

- Présence de substances "indésirables" ;
- Présence de substances toxiques ;
- Présence de pesticides ;
- Qualité microbiologique ;
- Couleur de l'eau.

### **I.4 Traitement de l'eau**

L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des microorganismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé ; Qu'elles soient d'origine souterraines ou superficielles, les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins approprié (**Lefèvre, 1991**).

Une station de production d'eau potable doit fournir un produit qui satisfait à ensemble de normes de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur. L'efficacité du traitement adopté dépendra de la façon dont sera conduite l'exploitation de l'usine de traitement. Pour atteindre l'objectif souhaité, l'exploitant devra d'une part respecter certains principes élémentaires pour assurer le contrôle du processus de traitement et le contrôle de l'eau traitée, et d'autre part disposer d'un certain nombre de moyens technique et humain (**Valentin, 2000**).

Les filières classiques de traitement d'une station de potabilisation de l'eau est généralement constitué des phases suivantes : Prétraitement, préoxydation, traitement de clarification, traitement de désinfection, affinage et traitements spécifiques (**Figure 01**) (**Soudani, 2016**).

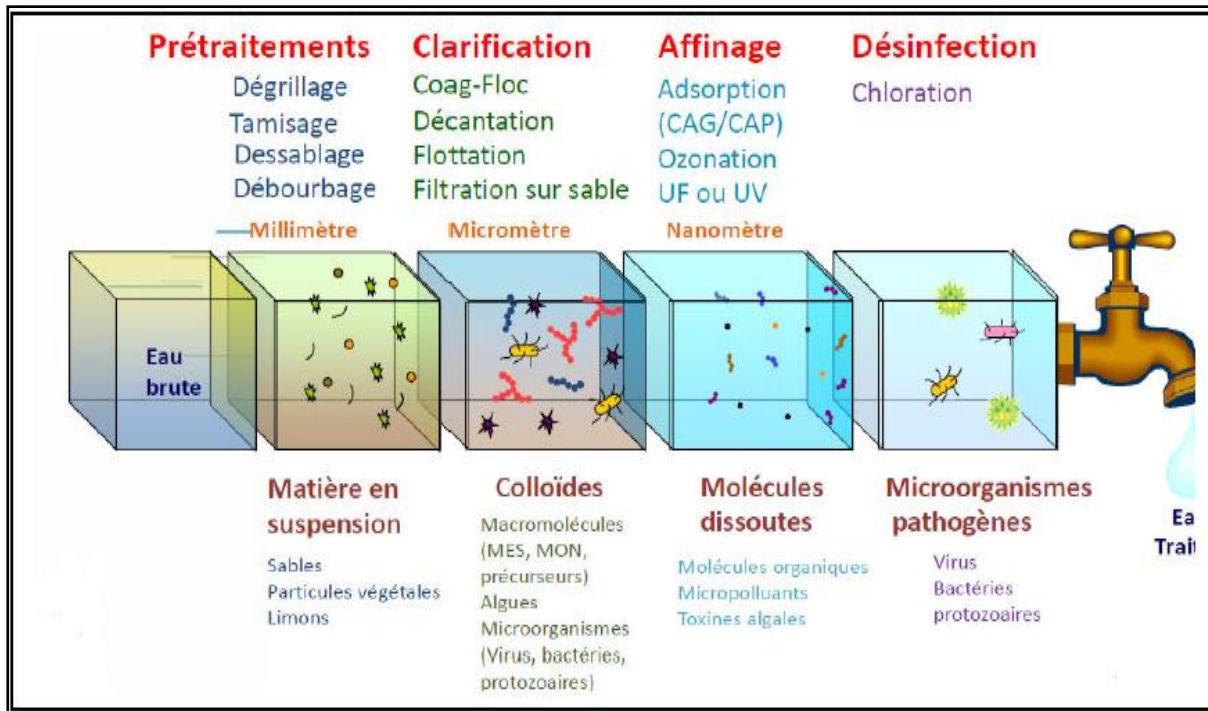


Figure 01 : Différents types de traitement de l'eau (Soudani, 2016).

#### I.4.1 Prétraitement

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement comportant un certain nombre d'opérations physiques ou mécaniques. Il est dessiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments, dont la nature ou la dimension constituerait un gêne pour les traitements ultérieurs (Harrat, 2013).

Les opérations de prétraitement peuvent comporter selon la qualité de l'eau brute, une ou plusieurs de ces opérations :

**a- Le dégrillage :** Dès la prise d'eau, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les corps flottants et les gros déchets (soudani, 2016), qui a pour but d'éliminer des matières volumineuses de eaux, à fin d'éviter les risques de colmatages, il est indispensable en tête de station d'épuration et dans les installations prélaient l'eau en rivière (Thomazeau, 1981) ; Il constitue donc le premier poste d'une unité de traitement. Il est caractérisé par l'écartement de ces grilles. Il est surtout utilisé pour les eaux de surface (Graindorge et al., 2007).

**b- Le tamisage :** C'est un filtrage plus fin, à travers des tamis destinés à arrêter les déchets plus petits (Toile à mailles croisées en acier inoxydable ou en tissu synthétique) (Thomazeau, 1981).

**c- Dessablage** : son rôle est d'éliminer les particules denses à fin d'éviter une abrasion des ouvrages. Deux types sont usuels : le dessableur à canal et le dessableur tangentiel (Thomazeau, 1981).

#### I.4.2 Préoxydation

L'oxydation est une opération essentielle à tout traitement des eaux. Elle est toujours incluse en fin de fin de filière au niveau de désinfection. A l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension.

L'oxydation, par des agents tels que le chlore et l'ozone, agit sur les métaux (fer, manganèse), sur les matières organiques et détruit ou inactive totalement ou partiellement les germes vivants, les virus et les bactéries ; Les procédés de substitution d'ions par échange d'ions sur des résines spécifiques sont utilisés pour la dénitrification et l'adoucissement de l'eau ; Celle-ci peut être faite de trois façons différentes :

- Ajout du chlore (pré-chloration) ;
- Ajout du dioxyde de chlore ;
- Ajout d'ozone (pré-ozonation) (Ali Abbou et al., 2013 ; Harrat, 2013).

**a- La préchloration** : est effectuée avant le procédé de clarification (Soudani, 2016).

**b- Le chlore** : est le plus réactif et le plus économique, mais il a comme inconvénient de former avec certains micropolluants des composés organochlorés du type chloroforme ou des composés complexes avec les phénols du type chlorophénol dont le goût et l'odeur sont désagréables, le chlore assure la destruction ou l'inactivation de nombreux microorganismes pathogènes (Soudani, 2016).

**c- la préozonation** : est une solution de substitution à la préchloration, utilisé en désinfection finale, cette technique peut être mise en oeuvre en oxydation. Elle peut aussi être employée pour l'amélioration de la clarification. Une préozonation est l'oxydation des matières organiques, et une élimination plus importante de la couleur, la diminution du taux de traitement (taux de coagulant) dans les procédés de clarification (Harrat, 2013).

#### I.4.3 Traitement de clarification

Clarifier une eau, c'est la débarrasser de toutes les particules colloïdales et en suspension qui ont échappé au prétraitement et qui communiquent à l'eau une turbidité et une

couleur indésirable. Elle s'effectue par : Coagulation-floculation, décantation, filtration et flottation (**Harrat, 2013**).

#### **I.4.3.1 Coagulation-floculation**

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales ; Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation (**Desjardins, 1997 ; Ali Abbou et al., 2013**).

**a- La coagulation :** elle a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, faciliter leur agglomération, en pratique ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques (**Desjardins, 1997**).

**b- La floculation :** elle a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration (**Desjardins, 1997**).

#### **I.4.3.2 Décantation**

Elle consiste à laisser déposer sous l'effet de la gravité les matières en suspension plus lourdes que l'eau (ou à provoquer leur dépôt) (**soudani, 2016**). De façon « naturelle » ou en le provoquant et permet d'extraire, par exemple, les graviers et les sables ou elle intervient après une coagulation-floculation (**Graindorge et al., 2007**).

#### **I.4.3.3 Filtration**

C'est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent ; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente ; habituellement précédée des traitements de coagulation, de floculation et décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs (**Desjardins, 1997**).

Elle est réalisée sur des matériaux classiques (sable) ou adsorbants (charbons actifs en grains ou en poudre) ou sur membranes (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration) (**Soudani, 2016**).

**a-Filtre à sable** : il est utilisé pour des eaux faiblement coagulées ou pour des eaux flocculées et décantées. Ces filtres peuvent être ouverts ou fermés sous pression ; Son installation est également facile, mais les traitements en amont doivent aussi être sous pression (inconvenient pour les traitements chimiques) (**Graindorge et al., 2007**).

**b-Charbon actif** : c'est un matériau qui peut fixer à sa surface les molécules de façon plus ou moins réversible. Il est issu d'un traitement spécial des charbons naturels (anthracites ou tourbes) ou végétaux (noix ou noix de coco carbonisées) ; Les charbons absorbent la plupart des molécules organiques (notamment celles donnant du goût ou de l'odeur) ; On distingue deux types de matériaux :

- **Le charbon actif en poudre** : introduit en suspension (souvent avant la floculation et après la coagulation), il augmente les boues de traitement, et son coût est élevé s'il est utilisé en continu (**Graindorge et al., 2007**).
- **Le charbon actif en grains** : l'eau passe à travers ce filtre pour être débarrassée progressivement de ses polluants. Son efficacité est en liaison avec les caractéristiques physiques du charbon (granulométrie, surface spécifique..). Il présente l'avantage d'une élimination poussée (notamment des hydrocarbures, des pesticides...) (**Graindorge et al., 2007**).

Il est régénérable (tous les quatre à cinq ans), Mais il permet un développement microbologique ; Ce qui implique une désinfection en amont ; En cas d'arrêt de l'unité, il y a production de nitrites (**Graindorge et al., 2007**).

#### **I.4.3.4 Membranes**

Les membranes de synthèse pour la potabilisation de l'eau constituent des barrières semi-perméables (symétriques ou asymétriques) à fines pellicules permettant de séparer deux phases (le concentrat et le perméat). Le transport sélectif de matière d'un côté à l'autre s'effectue par filtration frontale ou par filtration tangentielle (**Graindorge et al., 2007**).

##### ✓ **L'osmose inverse**

L'osmose inverse utilise des membranes denses qui laissent passer l'eau et arrêtent tous les sels.

Cette technique est utilisée pour :

- Le dessalement des eaux de mer ;
- Le dessalement des eaux saumâtres ;
- La production d'eau ultra-pure...

Le phénomène d'osmose est un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en solutés de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. Le phénomène d'osmose est un phénomène naturel courant, notamment à travers les membranes cellulaires.

La membrane semi-perméable laissera passer le solvant (le soluté ne passe pas) pour équilibrer la concentration. La différence de concentration crée une pression, appelée 'Pression osmotique'. Pour inverser le passage du solvant et augmenter la différence de concentration, il faut appliquer une pression supérieure à la pression osmotique.

**(Jean-Marc et al., 2002).**

#### **I.4.4 Traitement de désinfection**

L'élimination des microorganismes constitue un objectif essentiel d'une chaîne de traitement d'eau potable. Si les filières de coagulation, clarification et filtration ne permettent pas une totale élimination, même s'ils constituent déjà des « barrières désinfectantes », celle-ci est effectuée par une étape de désinfection dans la station de traitement ; une post désinfection (désinfection finale) est fréquemment employée afin de laisser un résiduel oxydant actif dans l'eau produite, qui limitera l'effervescence dans le réseau. Le choix de procédé de désinfectant devra tenir compte : du pouvoir oxydant, de la capacité d'inactiver les microorganismes susceptibles d'être présents, de la stabilité de l'oxydant sous les conditions anticipées (pH, température, temps de séjour), des sous-produits que le désinfectant peut générer, des matériaux dans le réseau (risque de corrosion ou de réactions avec un oxydant fort), de la charge organique de l'eau qui va consommer l'oxydant durant son trajet dans le réseau. En effet, l'élimination des substrats qui consommeront le désinfectant contribuera au maintien ou non du désinfectant résiduel. Quatre types de désinfection sont couramment utilisés juste avant le réseau : le chlore, la chloramine, le dioxyde de chlore et les techniques membranaires **(soudani, 2016).**

## I.5 Problématiques

### I.5.1 Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol subit donc les dégradations de ces deux milieux (**Bouziani, 2000**).

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines (**Rodier et al., 2005**).

### I.5.2 Maladies liées à la consommation de l'eau

Dans la nature, l'eau est une source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent (**Rodier, 1999**). Les principaux symptômes de toutes les maladies hydriques sont les suivants : diarrhées ou rarement constipations, crampes abdominales, fièvre et vomissements (**Anctil, 2008**).

Selon l'OMS « La bonne qualité de l'eau de boisson fait davantage pour la santé publique que n'importe quel vaccin ou médicament ! ». Toutes les huit secondes, un enfant meurt d'une maladie liée à l'eau, Chaque année, plus d'un milliard d'enfants de moins de cinq ans présentent une diarrhée aiguë, et on dénombre près de cinq millions de décès dus à ces diarrhées principalement dans les régions défavorisées (**Koltz, 2010**).

#### I.5.2.1 Maladies d'origine bactérienne

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne. On les cite avec les différents germes en cause :

- ✓ **Fièvre typhoïde** : Fièvre d'origine bactérienne qui entraîne de la fièvre, des maux de tête, de l'anorexie, un ralentissement du rythme cardiaque, une augmentation du volume de la rate, la formation de taches roses sur le corps, une toux sèche et de la constipation. Cette maladie, qui ne peut être bénigne et asymptomatique, peut entraîner la mort dans 1% des cas ;
  
- ✓ **Diarrhées infectieuses** : Maladies causées par diverses bactéries et dont les symptômes sont des selles liquides, des vomissements et de la fièvre (intoxication). En général, elles n'entraînent pas la mort (**Briere, 2000**).

### **I.5.2.2 Maladies d'origine virale**

Il est possible d'admettre que les virus isolés des eaux ont des caractéristiques telles qu'ils peuvent être considérés comme une entité propre dénommée hydro virus (**Sari, 2014**).

### **I.5.2.3 Maladies d'origine parasitaire**

En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites par exemple : l'ankylostomose, la dracunculose, le téniasis...etc (**Coulibaly, 2005**).

### **I.5.2.4 Maladies liées au manque d'eau**

L'absence ou la rareté de l'eau est à l'origine de nombreuses pathologies. L'hygiène défectueuse favorise la multiplication et la transmission des poux de la gale. Elle crée aussi des conditions favorables pour certaines pathologies cutané-muqueuses (**Coulibaly, 2005**).

### **I.5.2.5 Maladies liées à la présence de substance chimique dans l'eau**

La fluorose qui est due à une intoxication chronique par le fluor. Le saturnisme qui est l'ensemble des manifestations dues à une intoxication par le plomb. L'hyperthyroïdie, et la méthémoglobine provoquent des troubles graves, par altération de l'hémoglobine du sang et formation de méthémoglobine toxique pouvant conduire à l'asphyxie et la mort s'il n'y a pas de traitement.

La meilleure stratégie en matière de prévention des maladies à transmission hydriques est la surveillance de la qualité de l'eau de consommation du captage jusqu'au consommateur en passant par la station de traitement, station de pompage, réservoir, réseau de distribution, afin de protéger la santé du consommateur ; Cette surveillance repose sur un programme de contrôle de la qualité de l'eau, et comporte deux aspects importants :

- L'inspection sanitaire des ouvrages hydrauliques ;
- Contrôle bactériologique de l'eau de consommation.

Cette surveillance est renforcée par une législation nationale s'appuyant sur des normes réglementaires et des codes de bonnes pratiques (**Coulibaly, 2005**).

Généralement, les paramètres de la qualité des eaux potables sont regroupés en six catégories :

- **Paramètres organoleptiques** : Couleur, Odeur et Goût ;
- **Paramètres physico-chimiques** : pH, Conductivité électrique à 25°, Température, Turbidité, Salinité, Résidu sec à 105° C, TDS ;
- **Paramètres de pollution** : Ammonium, Nitrite, Nitrate, Phosphate, Sulfures, Azote ;
- **paramètre toxiques** (Arsenic, Cyanure, Plomb, Pesticides, désinfection...);  
**Paramètres de minéralisation globale** : Calcium, Magnésium, Sodium, Potassium, Chlorures, Sulfate, Bicarbonate, Carbonate, Silicate, Dureté Totale, Titre alcalin, ... ;
- **Paramètres indésirables** : Fer, Manganèse, Aluminium. Paramètres bactériologiques : Germes totaux, Coliformes totaux ; Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux, *Clostridium* sulfito-réducteurs, *Salmonella typhi*, Vibrions cholérique...etc (ADE, 2017).

## II.1 Paramètres organoleptiques

Les facteurs organoleptiques constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter, à coup sûr, un risque pour la santé (Genoudet, 2001).

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités, etc.) (Rodier et al., 2009).

### II.1.1 Couleur

Une eau naturelle, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV (Moniquem, 1991).

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (Rodier et al., 2005).

### II.1.2 Odeur

L'odeur est l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ; la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (**Rodier et al., 2009**).

### II.1.3 Goût

Le goût est l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche ; la propriété des produits provoquant ces sensations (**Rodier et al., 2009**).

## II.2 Qualité physico-chimique

### II.2.1 Qualité physique

#### II.2.1.1 Température

C'est un facteur important pour l'activité biologique, il influence la solubilité de l'oxygène du milieu récepteur, donc son pouvoir auto épurateur (**Benallou, 2004**). La température de l'eau dépend d'une série de facteurs :

- Situation géographique et la saison ;
- La profondeur (la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en surface) ;
- La couleur de l'eau (une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur) ;
- Le volume de l'eau (**Mahamat et al, 2010**).

#### II.2.1.2 Potentiel d'hydrogène

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H<sup>+</sup> contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établie entre les différentes formes de l'acidité carbonique, et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (**Makhoukh, 2011**).

#### II.2.1.3 Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. L'unité de mesure de la conductivité est siemens/cm (S/cm) : 1 S /m = 104µS/cm =103 S/m. La minéralisation de l'eau (teneur globale en espèces minérales) peut entraîner selon les cas, un gout salé (variable selon la nature des sels présents), une concentration de la corrosion, et les dépôts dans les tuyauteries (entartrage) (**Joel, 2003**).

#### **II.2.1.4 Turbidité**

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organique, micro-organismes...), étant souvent lié à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines (nappes peu profondes). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre (**Joel, 2003**).

#### **II.2.1.5 Salinité**

Elle est définie comme la somme des matières solides en solution contenues dans une eau, après conversion des carbonates en oxyde, après oxydation de toutes les matières organiques et après remplacement des iodures et bromures par une quantité équivalente de chlorure (**Bentekhici et al.; 2008**).

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau. Elle s'exprime en g par Kg d'eau. Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) et d'anion (ion chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace. Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner (**Gaujous, 1995**).

#### **II.2.1.6 Matières en suspension (MES)**

Les matières en suspension contenues dans les eaux résiduaires constituent un paramètre important qui marque généralement le degré de pollution. Ce sont des matières qui ne sont ni colloïdales, ni solubilisés et elles-peuvent être organique ou minérales. La présence des matières en suspension, diminue la concentration en oxygène dissous, ce qui rend les activités des micro-organismes faibles et par conséquent diminution du phénomène d'autoépuration (**Felfoul, 1999**).

#### **II.2.1.7 Résidu Sec (RS)**

Le résidu Sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles(le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (**Khelili et al., 2015**).

## II.2.2 Qualité chimique

### II.2.2.1 Chlorures

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (**Makhoukh, 2011**).

### II.2.2.2 Dureté totale (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en CaCO<sub>3</sub>. Elle est aussi très souvent donnée en degrés Français (**Rodier et al., 2009**).

### II.2.2.3 Titre alcalimétrique complet (TAC)

Il correspond à la teneur en ions OH<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> et HCO<sub>3</sub> et pour des pH inférieur, à 8.3, la teneur en ions OH<sup>-</sup> et CO<sub>3</sub>, est négligeable (TA=0), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls (**Menad et al., 2012**).

### II.2.2.4 Magnésium (Mg<sup>2+</sup>)

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le Magnésium peut avoir deux gaines : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du MgSO<sub>4</sub> des terrains gypseux du Trias situés au Sud (**Sahraoui, 2015**).

### II.2.2.5 Calcium (Ca<sup>2+</sup>)

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières (**Khelili et al., 2015**).

### II.2.2.6 Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La DBO<sub>5</sub> est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes présents dans un milieu pour oxyder (dégrader) les substances organiques contenues dans un échantillon d'eau maintenu dans l'obscurité, pendant 5 jours. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la

teneur en matière organique biodégradable d'une eau naturelle polluée ou d'une eau résiduaire. Deux échantillons sont nécessaires : le premier sert à la mesure de la concentration initiale en oxygène, le second à la mesure de la concentration résiduaire en oxygène au bout de 5 jours (**Khelili et al., 2015**).

#### **II.2.2.7 Fer ( $\text{Fe}^{+2}$ )**

Le fer se classe en 4<sup>ème</sup> rang des éléments de la croûte terrestre. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j mais 60 À 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés (**Rodier et al., 2005**).

#### **II.2.2.8 Chrome**

Le chrome (Cr) est un métal blanc grisâtre, dur, très résistant à l'usure qui existe pratiquement à tous les niveaux d'oxydation, entre (-II) et (+VI). Les trois valences les plus représentées sont : (0) (métal et alliages), (III) (composés chromiques) et (VI) (chromate  $\text{CrO}_4$ , dichromate  $\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). Le chrome existe également dans des états d'oxydation moins stables comme le Cr(II), le Cr(IV) et le Cr(V) (**Lauwerysem, 2007 ; Hoetm, 2015**).

Le chrome trivalent est un oligo-élément essentiel du métabolisme humain. Des études ont montré qu'il améliorerait la croissance et favorisait un bon métabolisme du glucose, des lipides, et des protéines. Son absorption n'aurait que peu d'effet sur l'appareil digestif. En revanche, le chrome hexavalent, est plus hydrosoluble et est, fortement toxique. Il provoquerait, à faible dose, une irritation de la muqueuse gastro-intestinale et à forte dose, une nécrose du foie et une néphrite (**Savary, 2010**).

#### **II.2.2.9 Zinc**

Le zinc est un oligo-élément essentiel qui se trouve dans presque tous les aliments et dans l'eau potable sous forme de sels ou de complexes organiques. Le régime alimentaire est normalement la principale source de zinc. Bien que les niveaux de zinc dans les eaux de surface et les eaux souterraines ne dépassent pas 0,01 et 0,05 mg /litre, respectivement, les concentrations dans l'eau du robinet peut être beaucoup plus élevée à cause de la dissolution de zinc à partir de tuyaux (**OMS, 2003**).

### **II.2.3 Qualité Microbiologique**

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau potable. Elle se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution (**Ahonon, 2011**).

### II.2.3.1 Recherche des germes Totaux à 22 C° et 37 C°

Certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau polluée par une eau contenant des micro-organismes pathogènes. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde et le vibron cholérique responsable du choléra (**Hamed et al., 2012**).

Il possède un risque pour la santé sont divers (un nombre élevé de germes aérobies est un indicateur d'une contamination ou d'une multiplication bactérienne) (**Odalous, 2018**).

### II.2.3.2 Recherche des coliformes Totaux

Selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 C° et 37 C° (**Leyla et al., 2002**).

### II.2.3.3 Recherche des *Escherichia coli*

Bactérie présente exclusivement dans l'intestin des hommes et des mammifères. Sa présence signifie qu'il y a contamination d'origine fécale (**Odalous, 2018**). Le genre *Escherichia* fait partie du groupe des coliformes thermo tolérants, lequel appartient à la famille des entérobactéries. *Escherichia* comprend plusieurs espèces dont une seule est utilisée à titre d'indicateur de la qualité des eaux : *Escherichia coli* (*E. coli*). Il importe toutefois de préciser que nonobstant le fait que cette espèce comprend plusieurs souches pathogènes (**Edberg et al., 2000 ; WHO, 2011 ; Santé Canada, 2012**).

Selon l'OMS, l'indicateur le plus précis pour estimer la pollution fécale est en fait *E. coli*, en raison de son abondance dans les fèces humaines (jusqu'à 1 milliard de bactéries par gramme de matière fraîche), et de sa persistance pour être recherché (sa durée de détection dans l'eau à 20°C varie d'une semaine à un mois) (**Debabza, 2005**).

### II.2.3.4 *Pseudomonas aeruginosa*

Bactérie qui aime l'eau, très mobile, se développe sans oxygène, vit dans les sols et en milieu humide. Il cause des infections (de l'œil, des plaies, urinaires, pulmonaires), méningites, septicémies (**Odalous, 2018**).

### **II.2.3.5 Recherche des Entérocoques**

Bactérie présente exclusivement dans l'intestin des hommes et des mammifères. Ils ont causé Infections urinaires ou abdominales, douleurs intestinales, septicémies (**Odalous, 2018**).


Elles Sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Les Entérocoques intestinaux se multiplient rarement dans l'eau, cependant avec les spores de Clostridium sulfitoréductrices dont le type est Clostridium perfringens sont moins nombreux que les coliformes dans les eaux contaminées par des matières fécales mais ont un plus grand pouvoir de survie (**OMS, 2000 ; Québec, 2005**).

Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale (**Bourgeois et al., 1996**).

### **II.2.3.6 Recherche de spore *Clostridium* sulfito-réducteurs**

Sont souvent des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (**Armand, 1996**).

Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolés ou en chaînettes, mobiles, catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure ; La forme sporulée des Clostridium sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives (**Bourgeois et al., 1991**).



***Matériels et  
méthodes***

Ce travail a été réalisé entre Mars et Avril 2019 aux seins du laboratoire l'Algérienne d'Eaux (ADE), laboratoire d'Office National de l'assainissement (ONA) et du laboratoire privé FatiLab 'El Oued'. Notre travail a pour objectif de contrôler la qualité physico-chimique et microbiologique d'eau potable de la station de filtration Eurl Nord d'Afrique El-Oued.

## I. Site d'étude et échantillonnage

### I.1 Site d'étude

La station de NORD D'AFRIQUE située à Tiksebt (El Oued). Elle a été mise en service en 24/04/2006 pour satisfaire les besoins en eau potable de la région d'El Oued, basée sur le principe d'osmose inverse dans le dessalement des eaux.



Figure 02 : Situation géographique de station Nord d'Afrique Tiksebt El –Oued

(Google Earthe .,2019)

## I.2 Echantillonnage et nombre de prélèvement

Le prélèvement des échantillons est périodique (quatre fois par semaine) dans des flacons en verre blanc de 1000ml, préalablement autoclavée. Le robinet est nettoyé par un coton imbibé d'alcool à fin de détruire les germes contaminants. Ensuite, les échantillons sont transportés dans une glacière à une Température de 4C° ( **Rodier et al., 2009**) (**Figure 02**), en évitant le maximum de contact avec la lumière, car la variation de ce dernier est susceptible de modifier la population bactérienne.



**Figure 03** : Image photographique de prélèvement des échantillons d'eau.

Le nombre des échantillons avec la date de prélèvement sont résumés dans le (**Tableau 01**).

**Tableau 01** : Nombre d'échantillons de l'eau de consommation humain examiné.

Nombre d'échantillon	Date de prélèvement
<b>E 01</b>	12/03/2019
<b>E02</b>	06/04/2019
<b>E03</b>	07/04/2019
<b>E04</b>	08/04/2019
<b>E05</b>	09/04/2019
<b>E06</b>	10/04/2019
<b>E 07</b>	11/04/2019
<b>E08</b>	14/04/2019
<b>E09</b>	15/04/2019
<b>E10</b>	16/04/2019
<b>E11</b>	17/04/2019

<b>E12</b>	18/04/2019
<b>E13</b>	21/04/2019
<b>E14</b>	22/04/2019
<b>E15</b>	23/04/2019
<b>E16</b>	24/04/2019
<b>E17</b>	25/04/2019

## II. Matériels

### II.1 Appareillages

#### III.2.1.1 Appareillages physico-chimiques

- Agitateur (N° SERIE A225001 F30 FALC)
- PH – mètre (HANNA INSTRIMENT)
- Conductivité mètre (HANNA INSTRIMENT)
- Digitale Thermomètre (Thermomètre De Cuisine Digital Prima Long)
- Spectrophotomètre (5U5707-141021-00 MECASY)
- Balance analytique (GR 1200-EC N°SERIE 14267374 AND)
- Refractomètre (FG 108 de 0 à 80% Brix)
- Spectrophotomètre multiparamètre (HANNA HI 83200)

#### III.2.1.2 Appareillages des paramètres microbiologiques

- Réfrigérateur (ENIEM)
- Etuve (KB53 N°SERIE7000T ,0027 BINDER)
- Pompe à vide (N86KN18 D-79112FREIBURG KNF neuberger 6)
- Bain marie (N°SERIEB231310 WB M15 FLAC)
- Bec benzène
- Loupe bactériologique
- Rampe de filtration (A5 60015 N°REF : 10444850 6 PLACE DE FILTRATION SCHLEICHER)
- Autoclave (N°SERIE 40014150 AUTESTER-F 75DRYPV)

### **III.2.2 Petit matériel**

Les manipulations ont nécessité l'emploi de petit matériel suivant : (micropipettes ; pipettes pasteur, membrane filtrante de porosité 0,45 µm, gants et masque pour l'usage de produits dangereux, différents types de verrerie ‘ béccher, pipette gradées, tubes à essai en verre et en plastique et spatule)...etc.

### **II.2.3 Produits chimiques, réactifs et milieux de cultures**

#### **II.2.3.1 Produits chimiques**

**Bases** (Hydroxyde de Sodium Na OH, Nitrate d'argent AgNO<sub>3</sub>)

**Acide** (Acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, tartrate de sodium)

#### **II.2.3.2 Réactifs**

(EDTA, Méthyle Orange Indicateur Colore, Tampon K10, NaCl, N.E.T, HSN)

#### **II.2.3.3 Milieux de culture et additifs**

**Géloses** (Cétrémide, TGEA, TTC au Tergitol7, Slanetz Et Bartley et viande-foie)

**Additifs** (Allume de Fer, sulfate de sodium, huile de Vaseline, TTC Tergitol 7 et TTC Slanetz)

### **III.3 Méthodes**

#### **III.3.1 Paramètres physico-chimiques**

La caractérisation des eaux concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et d'éventuels éléments traces. Les méthodes d'analyses utilisées pour le dosage des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sont variées et diverses. La majorité ont été effectuées par spectrophotométrie pour les paramètres physico-chimiques et titration par produits différents.

##### **III.3.1.1 Analyses électrochimiques**

Pour toutes les analyses électrochimiques (pH, Salinité, conductivité, température), nous avons utilisé un multiparamètre.

### II.3.1.1.1 Mesure de la conductivité électrique (ISO 9000).

La mesure de la conductivité est pour la contrôle de la qualité de pureté des eaux et l'estimation du nombre total d'ions dans l'eau. (Hachemaoui;2014)

#### Mode d'opérateur

- Calibrer l'appareil avant la sortie sur le terrain en suivant les instructions du constructeur ;
- Verser un échantillon de l'eau à tester dans un récipient adéquat ;
- Plonger l'électrode dans l'échantillon d'eau, brasser l'eau avec l'électrode pour homogénéiser et lire la valeur de la conductivité lorsque la valeur affichée est stable ;
- Faire plusieurs mesures sur des échantillons différents du même site en rinçant la sonde à l'eau distillée après chaque mesure (Figure 04).



Figure 04 : Mesure de la conductivité

### II.3.1.1.2 Mesure du pH ( ISO 9001).

#### Mode opératoire

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser ;
- Mettre un agitateur avec une faible agitation .;
- Tremper l'électrode dans le bêcher.;
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- Puis noter le pH (Figure 05).

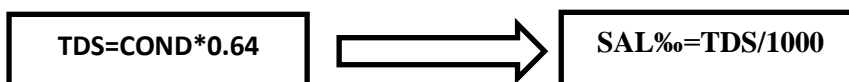


Figure 05 : Mesure de pH

### II.3.1.1.3 Mesure la salinité

#### Méthode 1

- Mode opératoire (par calcul)



#### Méthode 2 : Réfractomètre ( ISO 16586 ).

- Mode opératoire

Le réfractomètre mesure efficacement la concentration de sel dans une solution.

On ajoute une goutte d'eau à analyser sur la plaque en verre du réfractomètre, puis on procède une lecture directe (**Figure 06**).



Figure 06 : Mesure la salinité

### II.3.1.1.4 Mesure la température ( ISO 15189 ).

La mesure de la température a été effectuée sur le terrain. Cette dernière mesure doit s'accompagner des précautions habituelles en évitant le rayonnement direct du soleil et l'influence de la chaleur dégagée par l'opérateur (**Rodier et al., 2005**).

✓ **Mode opératoire**

- Verser un échantillon de l'eau à tester dans un récipient adéquat ;
- Plonger immédiatement l'électrode de thermomètre dans l'échantillon d'eau, brasser l'eau avec l'électrode pour homogénéiser et lire la valeur de la température lorsque la valeur affichée est stable (pendant 5 minutes) (Rodier et al., 2009) (figure 07).



**Figure 07 :** Thermomètre digitale.

### III.3.1.2 Analyses volumétriques (Annexe 01)

#### III.3.1.2.1 Dosage du calcium ( $Ca^{+2}$ ) (ISO 6058)

Calcium possède un rôle essentielle dans la formation des os et des dents et aussi joue un rôle important dans la coagulation du sang, la contraction musculaire et le fonctionnement du muscle cardiaque..( saulais ;2000).

✓ **Mode opératoire:**

- Prendre de 50ml d'eau d'échantillon ;
- Ajoute 02ml NaOH 2mol/l+ 0.2g HSN ;
- Faire la titration avec EDTA jusqu'au virage bleu (Figure 08).



**Figure 08** : Dosage de calcium.

### III.3.1.2.2 Dosage la dureté totale (TH)

✓ **Mode opératoire**

- Prendre 50 ml d'eau de l'échantillon ;
- Ajouter 04 ml du tampon K10 ;
- Ajouter 0.2g de N.E.T ;
- Faire la titration avec l'EDTA jusqu'au virage bleu (**Figure 09**).



**Figure 09** : Dosage de la dureté totale (TH).

### III.3.1.2.3 Mesure de chlorure (Cl<sup>-</sup>) (ISO 9297) et (JORA 2018)

#### ✓ Mode opératoire

- Prendre 100ml d'eau de l'échantillon ;
- Ajouter 01ml K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> ;
- Faire la titration avec AgNO<sub>3</sub> 0.02mol/l jusqu'au virage rouge brun (**Figure10**).



**Figure 10** : Dosage du chlorure.

### III.3.1.2.4 Mesure de magnésium (Mg<sup>+2</sup>) (ISO 6059)

Rôle essentielle des dérèglements neurologiques et de nombreux phénomènes biologiques au niveau de la cellule . ( saulais ;2000).

#### ✓ Mode opératoire

Après avoir le résultat de TH et Ca<sup>+2</sup>, on peut ressortir le magnésium par l'expression suivante :

#### ✓ Expression du résultat

**La Concentration de magnésium en mg/l = [(Concentration TH en m mol/l) – (Concentration calcium en m mol/l)] × 24.305.**

### III.3.2.1.5 Détermination de Bicarbonate à partir de TAC

Le bicarbonate agit sur l'acidité gastrique, et il permet de donner au sang un pH stable ; il facilite la digestion en régulant le pH d'un estomac trop acide. Par ailleurs, le bicarbonate serait utile aux sportifs pour diminuer l'acidité de l'organisme lié à la production d'acide lactique. (Mathilde ;2017).

### Mesure de titre alcalimétrique complète (TAC) (RODIER)

#### ✓ Mode opératoire

- Prendre 100ml échantillon ;
- Ajouter 02 ou 03 gouttes méthyle orange ;
- Faire la titration avec  $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ N}/50$  jusqu'au virage jaune orangé (**Figure 11**).



Figure 11 : Dosage de bicarbonate.

#### ✓ Expression de résultat

$V \text{ de } \text{H}_2\text{SO}_4 * 10 = \text{la concentration de TAC par mg/l}$        $\longleftrightarrow$       **Donc**  
 $\text{la concentration de bicarbonate en mg/l} = V \text{ de } \text{H}_2\text{SO}_4 * 12.02$

### III.3.2.1.6 Mesure de nitrite $\text{NO}_2$ (Méthode Spectrométrie d'absorption moléculaire à la sulfanilamide)

Les nitrates sont des composés nocifs nitrate en lui-même n'est pas toxique. Sa toxicité vient de la chaîne de réaction qu'il subit dans l'organisme. Le nitrate est réduit par des enzymes en nitrite. Celui-ci peut oxyder l'hémoglobine en méthémoglobine, qui ne peut plus absorber d'oxygène. (Bougherara;2006).

#### ✓ Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser et ajouter 1 ml du réactif mixte ;
- Attendre 10 min ;
- Apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2$  ;

- Effectuer la lecture à 543 nm (**Figure 12**).



**Figure 12** : Dosage de nitrite ( $\text{NO}_2$ ) par spectrophotomètre.

### III.3.2.1.7 Mesure de Nitrate ( $\text{NO}_3$ )

#### ✓ Mode opératoire

- Prendre 1 ml d'échantillon d'eau ;
- Ajouter 2 ml de la réactif A (LCK339)
- Bien tremper ;
- Laissez-le 1 minute ;
- Lecture par spectrophotomètre.

### III.3.1.3 Détermination du résidu-sec (Méthode d'évaporation)

#### ✓ Mode opératoire

- La méthode de mesure consiste à mettre 50ml d'eau d'échantillon à l'étuve à 105 °C, jusqu'à obtention d'une masse constante d'un échantillon de boue, ensuite, on mesure la quantité de résidu sec par le balance analytique.

### III.3.1.4 Test de chlore

Le chlore nous donne un aperçu du degré de désinfection et purification de l'eau par les microorganismes.

#### ✓ Mode opératoire

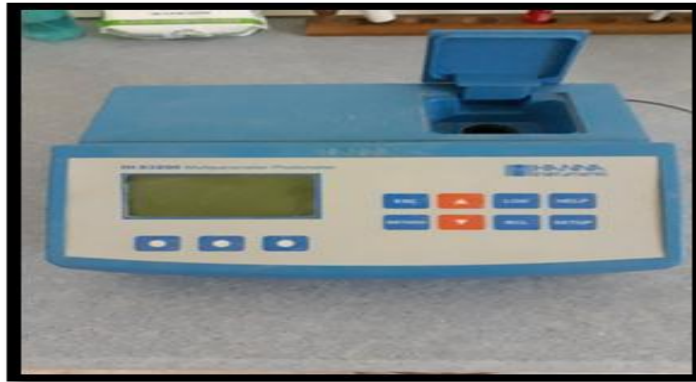
Détermination photométrique du chlore libre et du chlore total à l'aide de la N,N-diéthyl-1,4-phénylènediamine (DPD1).

On a posé une quantité de l'eau à analyser dans un tube à essai et on pose un comprimé de (DPOD1) dans le tube et on observe le résultat par la dégradation de chlore.

### III.3.1.5 Analyse des métaux lourds

Les métaux lourds sont des indicateurs très importants pour la contamination de l'eau potable, tels que : fer, cuivre, zinc, nickel et le chrome ...etc.

L'analyse des métaux lourds ont été détecté par le spectrophotomètre multiparamètre, cette appareil est conçue pour l'analyse de l'eau et peuvent mesurer 44 paramètres. La lecture des résultats se fait directement par affichage (**Figure 13**).



**Figure 13** : spectrophotomètre multiparamètre.

des métaux comme le fer, le zinc, le cuivre, le chrome ... ont une utilité pour l'organisme dans différents régulation du cycle cellulaire et métabolique, mais sont peu présents dans l'eau. . (**Paule Roth;2016**).

#### III.3.1.5.1 Le fer

✓ **Mode opératoire**

- Sélectionner le Fer 'faible gamme' à partir de l'afficheur de l'appareil ;
- Ajouter 25 ml de l'eau à analyser dans un bécher ;
- Ajouter le contenu du réactif approprié 'HI 93746-0 TPTZ, avec agitation pendant 30 secondes ;
- Remplir la cuvette avec 10 ml de l'eau réagit ;
- Insérer la cuvette dans l'instrument et faire la lecture.

✓ **Expression du résultat**

L'appareil donne la concentration en  $\mu\text{g/l}$  de Fe.

### III.3.1.5.2 Le chrome

✓ **Mode opératoire**

- Sélectionner le chrome 'faible gamme' à partir de l'afficheur de l'appareil ;
- Remplir la cuvette avec 10 ml de l'eau à analyser ;
- Placez la cuvette dans l'instrument et faire la mesure ;
- Retirez la cuvette et ajoutez le contenu du réactif (HI 93749-0), avec agitation pendant 30 secondes ;
- Réinsérez la cuvette dans l'instrument et effectuer la lecture.

✓ **Expression du résultat**

L'appareil donne la concentration en  $\mu\text{g/l}$  de chromate ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) et bichromate ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ).

### III.3.1.5.3 Le cuivre

✓ **Mode opératoire**

- Sélectionner le cuivre 'faible gamme' à partir de l'afficheur de l'appareil ;
- Remplir la cuvette avec 10 ml de l'eau à analyser ;
- Placez la cuvette dans l'instrument et faire la mesure ;
- Retirez la cuvette et ajoutez le contenu du réactif (HI 95747-0), avec agitation pendant 15 secondes ;
- Réinsérez la cuvette dans l'instrument et effectuer la lecture.

✓ **Expression du résultat**

L'appareil donne la concentration en  $\mu\text{g/l}$  de  $\text{Cu}^{2+}$ .

### III.3.1.5.4 Le nickel

✓ **Mode opératoire**

- Sélectionner le nickel 'faible gamme' à partir de l'afficheur de l'appareil ;
- Ajouter 25 ml de l'eau à analyser dans un bécher ;
- Ajouter le contenu du réactif approprié (HI 93740A-0) et agiter doucement jusqu'à ce que le réactif soit dissous ;

- Ajouter 1 ml de la solution appropriée (HI 93740B-0) dans le bécher et bien mélanger ;
- Attendre 15 minutes et ajouter le réactif approprié (HI 93740C-0), puis mélanger jusqu'à la dissolution complète du réactif ;
- Remplir la cuvette avec 10 ml de l'eau réagie ;
- Réinsérez la cuvette dans l'instrument et effectuer la lecture.

✓ **Expression du résultat**

L'appareil donne la concentration en mg/l de Ni.

### III.3.1.5.5 Le zinc

✓ **Mode opératoire**

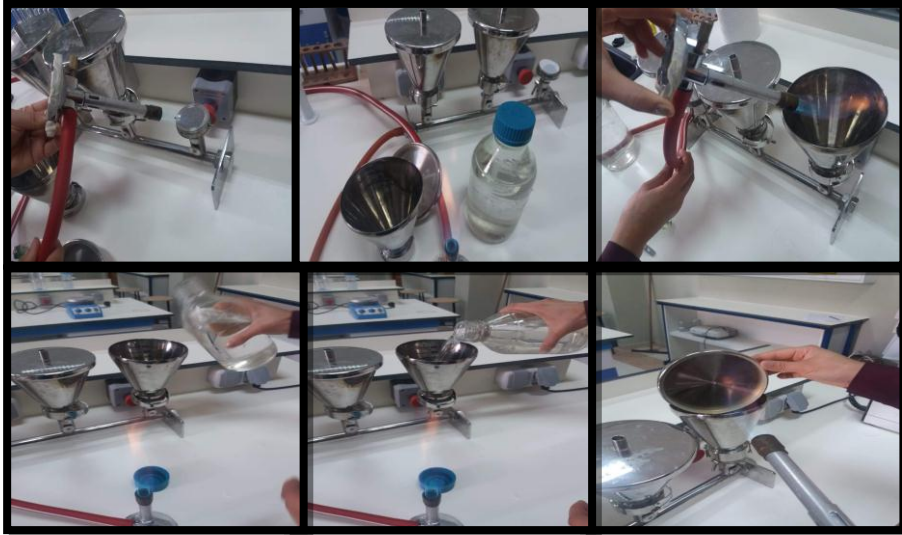
- Sélectionner le zinc à partir de l'afficheur de l'appareil ;
- Ajouter 20 ml de l'eau à analyser dans un bécher ;
- Ajouter le contenu du réactif approprié (HI 93731A-0) et agiter rigoureusement jusqu'à ce que le réactif soit dissous ;
- Remplir la cuvette avec 10 ml de l'eau réagie ;
- Insérer la cuvette dans l'instrument et faire la mesure ;
- Ajouter 0.5 ml de la solution appropriée (HI 93731B-0) et mélanger pendant 15 secondes ;
- Réinsérer la cuvette et faire la lecture.

✓ **Expression du résultat**

L'appareil donne la concentration en mg/l de Zn.

### III.3.2 Paramètres Microbiologiques (Annexe 02)

Pour le dénombrement des germes totaux, coliformes totaux et thermotolérants, les spores des bactéries sulfite-réductrices et *Pseudomonas aerogenosa*, la technique de filtration sur membrane a été utilisée (**Figure 14**).



**Figure 14 :** Technique de filtration sur membrane.

Cette méthode consiste à faire passer un volume déterminé d'échantillon à travers d'une membrane filtrante de porosité 0,45 $\mu$ m). Après filtration, la membrane est alors déposée sur la surface d'un milieu gélosé spécifique du germe à rechercher (face portant les microorganismes vers le haut). Après incubation, comme dans le cas de la numération en milieu gélosé, on compte les colonies formées à la surface du filtre (Cuq, 2007).

### III.3.2.1 Dénombrement des germes totaux (ISO 6222)

#### ✓ Mode opératoire

- Mettre 10 ml de la gélose TGEA en surfusion dans une boîte pétrie ;
- Filtrer un volume de 250 ml d'eau à analyser ;
- Après solidification, faire déposer la membrane filtrante ;
- Lecture de la boîte après 24h d'incubation à 37°C.

### III.3.2.2 Recherche de coliformes totaux et thermotolérants (ISO 9308)

#### ✓ Mode opératoire

- Mettre 10 ml de la gélose TTC au Tergitol en surfusion dans une boîte pétrie ;
- Filtrer un volume de 250 ml d'eau à analyser ;
- Après solidification, faire déposer la membrane filtrante ;
- Lecture de la boîte après 24h d'incubation à 37°C (coliformes totaux) et à 44°C (coliformes thermotolérants).

### III.3.2.3 Recherche de spores des bactéries sulfito-réducteurs (ISO 14189)

La recherche et le dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs est faite dans deux buts:

- Clostridium perfringens* de type A est recherché car parfois responsable d'intoxications alimentaires ;
- Clostridium* sulfito-réducteurs, bactéries commensales de l'intestin, sont dénombrées afin de rechercher une contamination fécale (Larcher, 2017).

#### ✓ Mode opératoire

- Prendre 50 ml de chaque échantillon à analyser et le diviser par 10 tube durham (5 ml chacun) ;
- Mettre les tubes durhams au bain marie pendant 15 min à 75°C ;
- Liquéfier la viande-foie à 100°C au bain marie ;
- Retirer les tubes durhams du bain marie et laisser refroidir ;
- Remplir les tubes avec le milieu de culture et les bien fermer ;
- Remplir un tube de la gélose viande-foie et l'utiliser comme témoin ;
- Incubation dans l'autoclave pendant 48 h à 37°C (Figure 15).

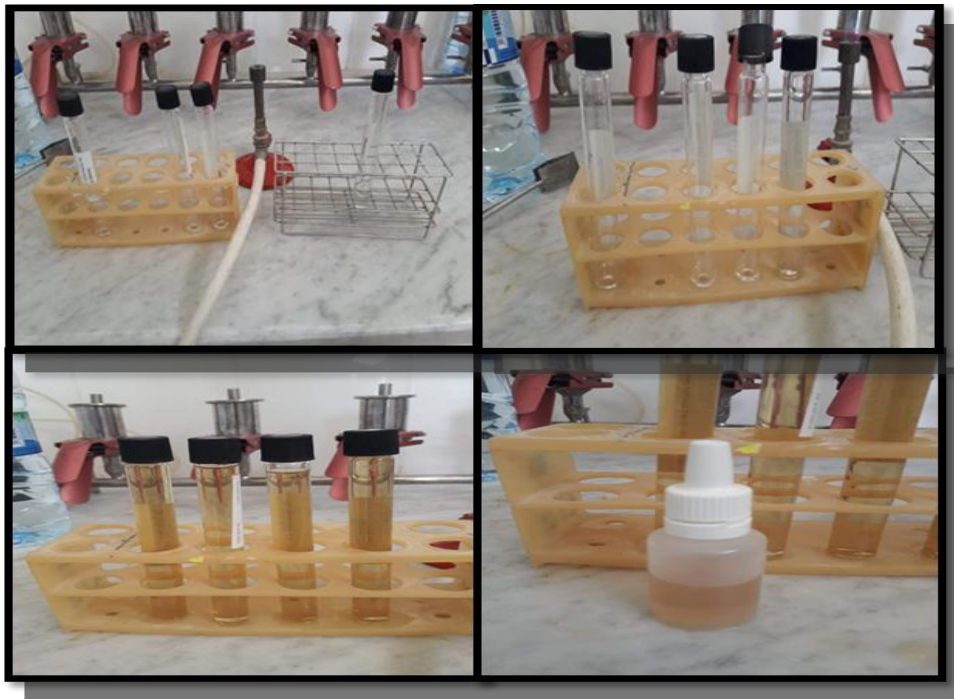


Figure 15 : Recherche de spores des bactéries sulfito-réducteurs.

#### III.3.2.4 Recherche de *Pseudomonas aerogenosa* (ISO 11133)

- Mettre 10 ml de la gélose cétrimide, en surfusion dans une boîte pétrie ;
- Filtrer un volume de 250 ml d'eau à analyser ;
- Après solidification, faire déposer la membrane filtrante ;
- Lecture de la boîte après 24h d'incubation à 37°C.

#### III.3.2.5 Recherche des entérocoques (ISO7899)

✓ **Mode opératoire**

- Mettre 10 ml de la gélose Slanetz et Bartley, en surfusion dans une boîte pétrie ;
- Filtrer un volume de 250 ml d'eau à analyser ;
- Après solidification, faire déposer la membrane filtrante ;
- Lecture de la boîte après 24h d'incubation à 37°C.

A vertical splash of water is centered in the image, creating a white and light blue trail against a blurred blue background. The water droplets are captured in motion, with some appearing as bright white streaks and others as soft blue blurs.

***Résultats et  
discussion***

L'étude expérimentale réalisée sur les échantillons prélevés de La station Nord d'Afrique El oued, nous a permis de contrôler les paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau potable filtrée.

## I. Résultats

### I.1 Paramètres physico-chimiques

Nous avons procédé à la comparaison de nos résultats d'analyses physico-chimiques par des normes algériennes et françaises citées dans le (Tableau 02).

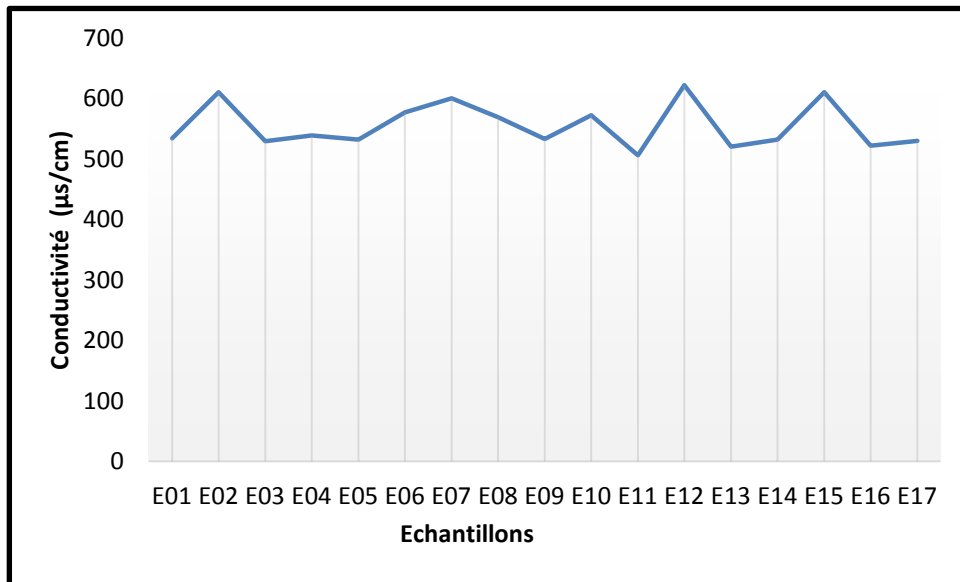
**Tableau 02** : Normes recommandées des paramètres physico-chimiques.

Paramètres	Unités	Valeurs Limites	Références	
La conductivité	µS/cm	2800	JORA n° 18 2011	
Ph	/	6.5-8.5		
Salinité	%	1.5%	NF 95-363	
Température	°C	25	JORA n° 18 2011	
Calcium	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200		
TH	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500		
Chlorure	mg/l	500		
Magnésium	mg/l	50		
TAC	mg/l	500		
Bicarbonate	/	/		/
Nitrite	mg/l	0,2		JORA n° 18 2011
Nitrate	mg/l	50		
Résidu sec	mg/l	1500		
Chlore	mg/l	5		
Nickel	µg/l	70		
Cuivre	mg/l	2		
Zinc	mg/l	5		
Chrome	mg/l	50		
Fer	mg/l	0,3		

### I.1.1 Conductivité

Les valeurs de la conductivité électrique des échantillons étudiés sont représentés dans la (Figure 16).

On observe qu'il y a une variation de la conductivité entre les échantillons analysés. Cette variation est remarquable pour E02, E07, E12 et E16.



**Figure 16** : Diagramme de la conductivité électrique de l'eau étudiée.

Selon **Rodier (2009)**, La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement ; que dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé.

La classification des eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante :

- Conductivité égale à 0.05µS/cm : eau déminéralisée ;
- Conductivité de 10 à 80 µS/cm : eau de pluie ;
- Conductivité de 80 à 100 µS/cm : eau peu minéralisée ;
- Conductivité de 300 à 500 µS/cm : eau moyennement minéralisée ;
- Conductivité de 1000 à 3000 µS/cm : eau saline ;
- Conductivité supérieure à 3000 µS/cm : eau de mer.

Les valeurs de la conductivité électrique de l'eau étudiée sont comprises entre 520 et 610  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et s'avèrent donc selon ce classement, l'eau filtrée de la Station du Nord d'Afrique est une eau douce moyennement minéralisée.

Toutes les valeurs de la conductivité enregistrées sont inférieures à (2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), donc sont conformes à la norme. Notre résultats sont similaires à celle trouvés par (Chabbi et al., 2018) après les étude sur l'eau de la station Nord D'Afrique El-Oued.

### 1.1.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

Les valeurs du potentiel d'hydrogène de l'eau examinée sont représentées dans la (Figure 17).

On remarque qu'il y a une variation remarquable du pH entre les échantillons analysés. Cette variation est bien observée pour E02, E07 et E13.

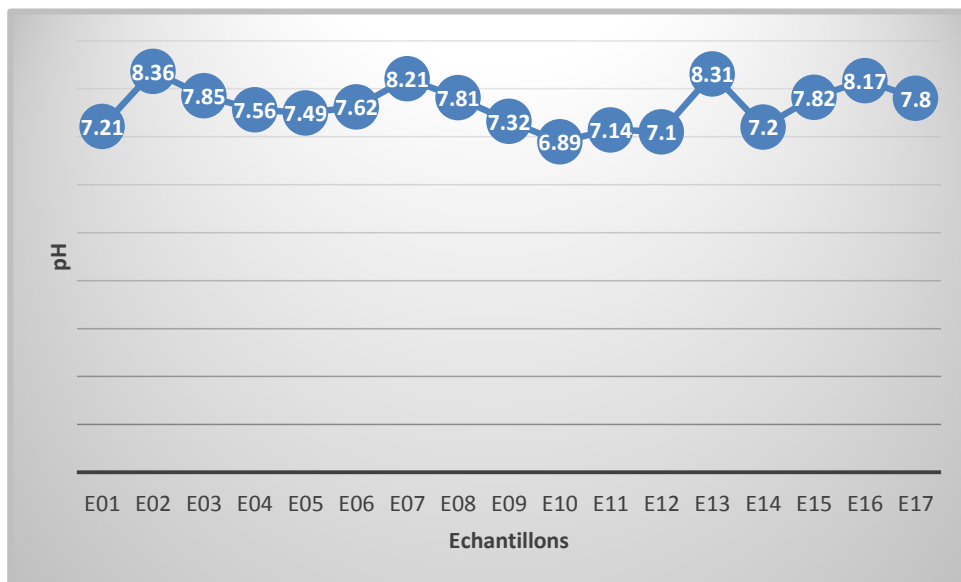


Figure 17 : Diagramme du pH de l'eau étudiée.

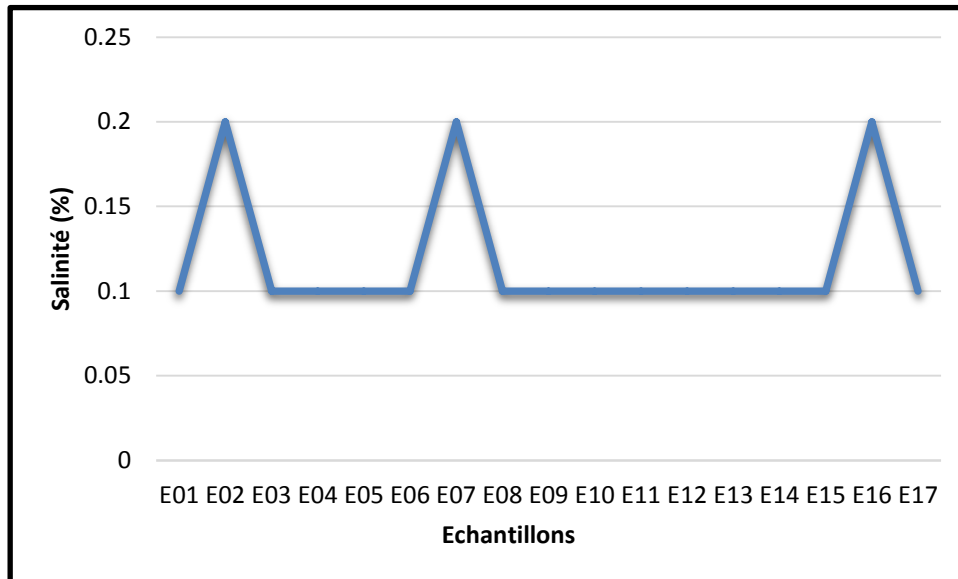
Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (Hadeef et Hasni, 2017).

Les valeurs observées révèlent que le pH est légèrement neutre à alcalin pour toutes les échantillons analysées. Le pH varie entre 7.21 et 8.36 donc les résultats sont conformes à la norme.

### 1.1.3 Salinité

La (**Figure 18**) représente la variation de la salinité (mesuré par la réfractomètre ) dans l'eau pour les différents échantillons étudiés

On remarque qu'il y a une variation de la salinité des échantillons analysés avec une légère augmentation pour E02, E07 et E16.



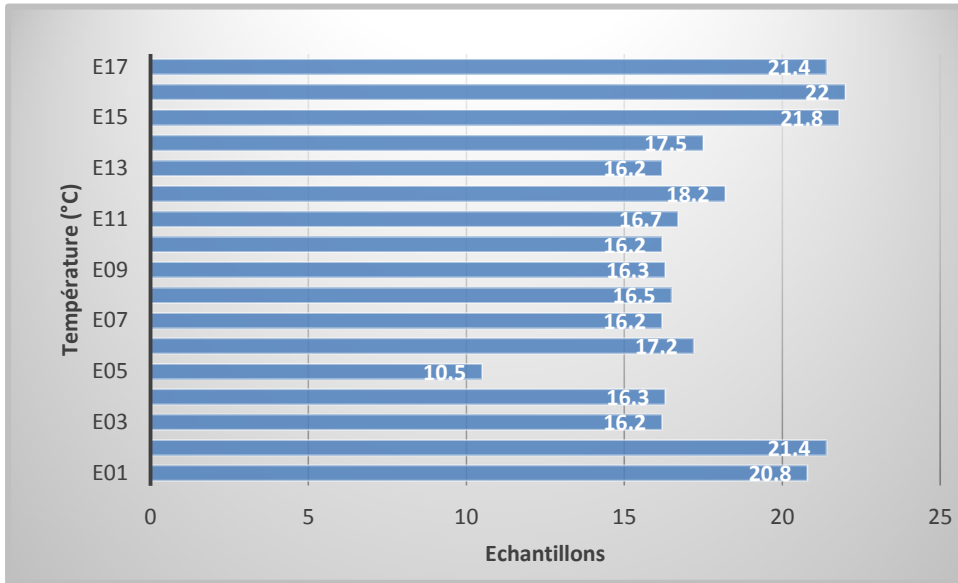
**Figure 18** : Diagramme de la salinité de l'eau étudiée.

La salinité traduit le caractère salin de l'eau, elle varie considérablement d'une saison à une autre et d'une région à une autre. Les mesures de la salinité de l'ensemble des échantillons ont montré des valeurs comprises entre 0.1 à 0.2% qui sont inférieures à celle exigée par la norme Française 1,5% d'où le caractère de la salinité de cette eau est vérifié. Ce comportement de la salinité est étroitement lié aux apports en eau douce, et à la faible évaporation de l'eau qui augmente la concentration de sel au milieu.

### 1.1.4 Température

Les températures expérimentales obtenues sont représentées dans la (**Figure 19**).

On remarque qu'il y a une variation de la température des échantillons analysés.



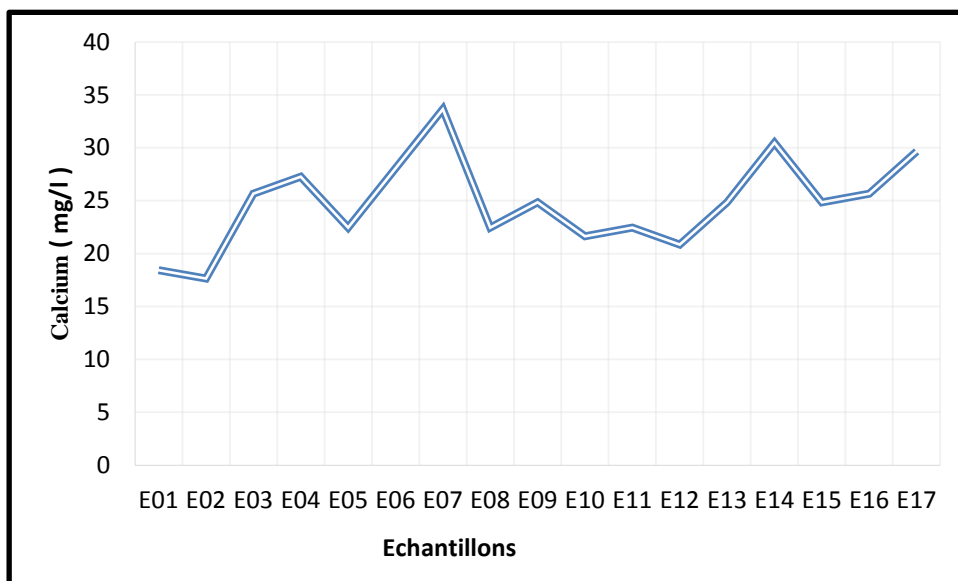
**Figure 19 :** Diagramme de la température de l'eau étudiée.

Ce sont des températures journalières minimales enregistrées, était de l'ordre de 10.5°C et maximale 21.8°C qui ne dépassent pas la norme Algérienne de 25°C, donc la qualité de l'eau est conforme.

### 1.1.5 Calcium (Ca<sup>2+</sup>)

La (Figure 20) représente la variation des ions de calcium de l'eau examinée.

On remarque que la valeur du calcium est non stable et varie entre les échantillons.



**Figure 20 :** Diagramme de la concentration en calcium de l'eau étudiée.

Le calcium est généralement l'élément dominant de l'eau potable et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et al., 2009). Alors que, Les effets indésirables qui sont surtout d'ordre organoleptique ou esthétique résultant de la présence du calcium dans l'eau potable peuvent provenir de sa contribution à la dureté (AWWA, 1990).

Les concentrations en calcium de l'eau analysée sont toutes inférieures à la concentration maximale admissible qui est de 200 mg/l édictée par les normes locales (NA 2011) de l'eau potable.

### 1.1.6 Titre Hydrométrique (Dureté Totale TH)

La (Figure 21) représente la variation de Titre Hydrométrique dans les eaux pour les différents échantillons.

On note une variation enregistrée et remarquable entre tous les échantillons.

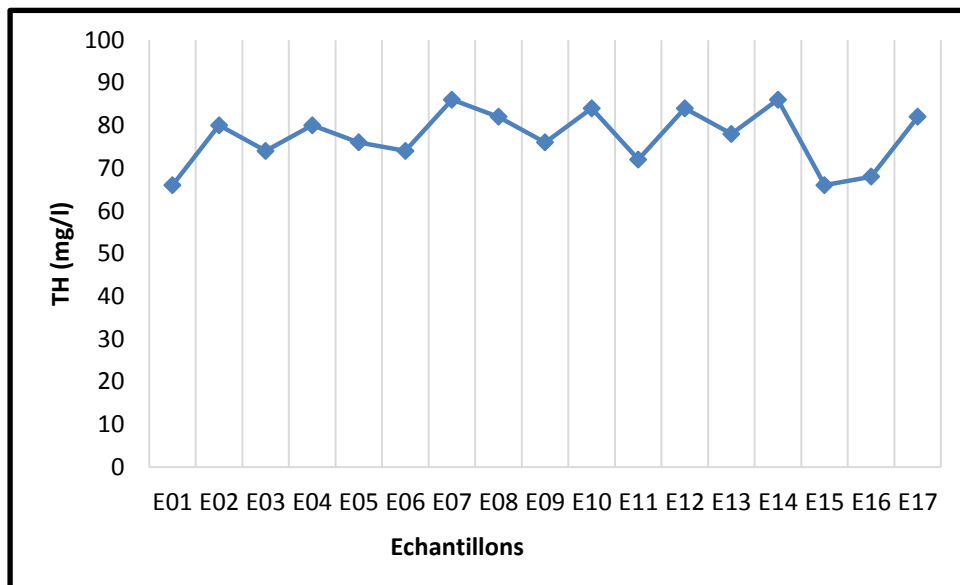


Figure 21 : Diagramme de la Titre Hydrométrique de l'eau étudiée.

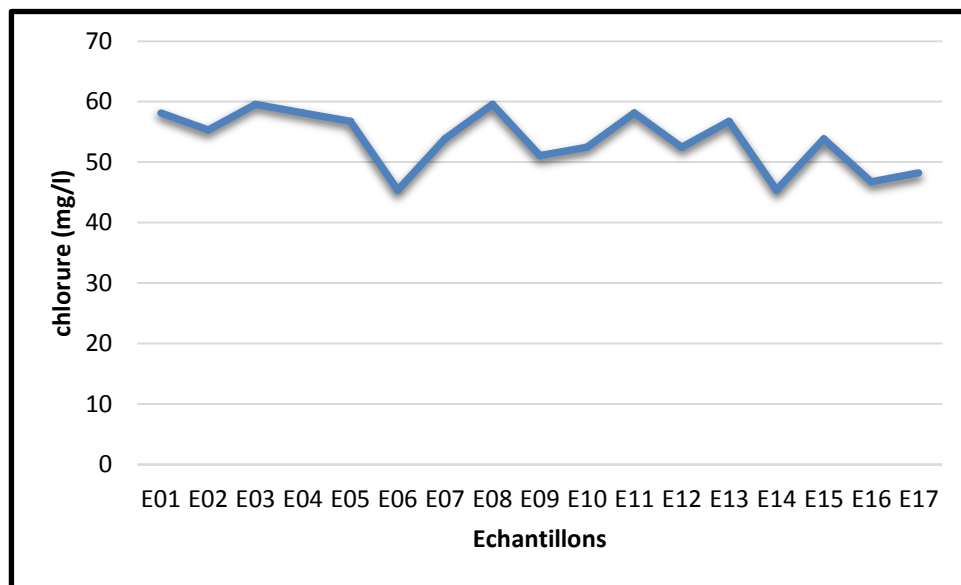
La dureté Totale C'est un paramètre particulier de l'eau due à la présence de calcium et de magnésium. On distingue une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$  et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. La dureté dépend de la structure géologique des sols traversés (Allalou et Madene, 2017).

Les résultats obtenus montrent que la dureté varie entre 66 à 86 mg/l et ne dépassent pas la norme Algérienne de 500 mg/l, donc la qualité de l'eau étudiée est conforme.

### 1.1.7 Chlorure (Cl<sup>-</sup>)

La (**Figure 22**) représente la variation des ions de chlorure de l'eau.

On note une diminution minimale du chlorure de l'eau pour l'échantillon E06, suivie par une augmentation maximale pour E08.



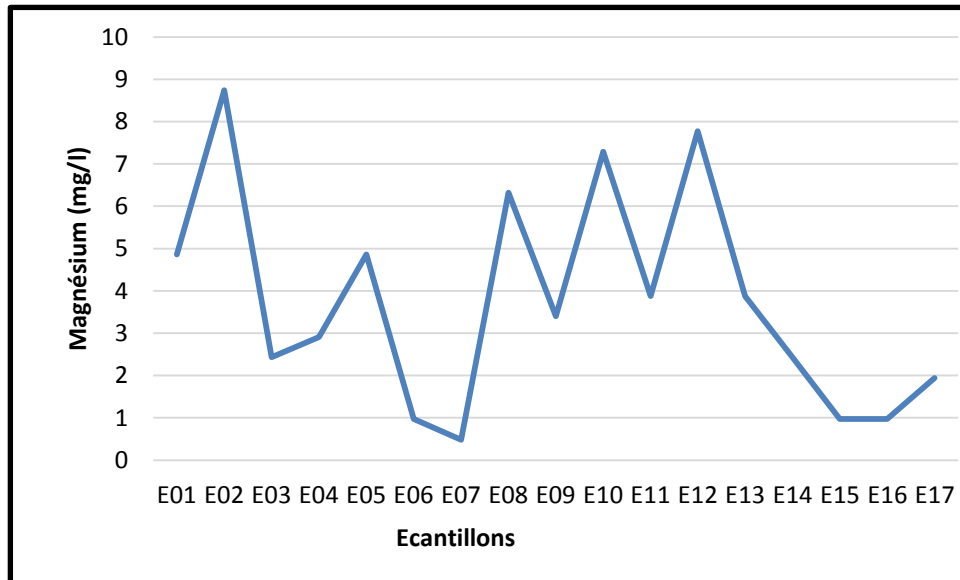
**Figure 22 :** Diagramme de la concentration en chlorure de l'eau étudiée.

La concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé ; Il s'avère d'après certaines études (**Weinberg, 1986 ; Schultz, 1984 ; Siggaard-Anderson, 1976 ; Tortora, 1984**) que même dans le cas de quantités excessives dans l'eau potable, les chlorures n'auraient pas d'effets néfastes sur la santé du consommateur car les concentrations de chlorures dans le corps sont bien régulées au moyen d'un système complexe faisant intervenir à la fois le système nerveux et le système hormonal. Même après l'absorption de quantités importantes de chlorures par l'intermédiaire des aliments et de l'eau, l'équilibre du chlorure se maintient, surtout par l'excrétion de l'excès de chlorures dans l'urine.

L'analyse de l'eau étudiée a révélée des concentrations de chlorures qui sont conformes à la norme.

### 1.1.8 Magnésium ( $Mg^{+2}$ )

La (Figure 23) représente la variation de magnésium de l'eau pour les différents échantillons.



**Figure 23 :** Diagramme de la concentration en magnésium de l'eau étudiée.

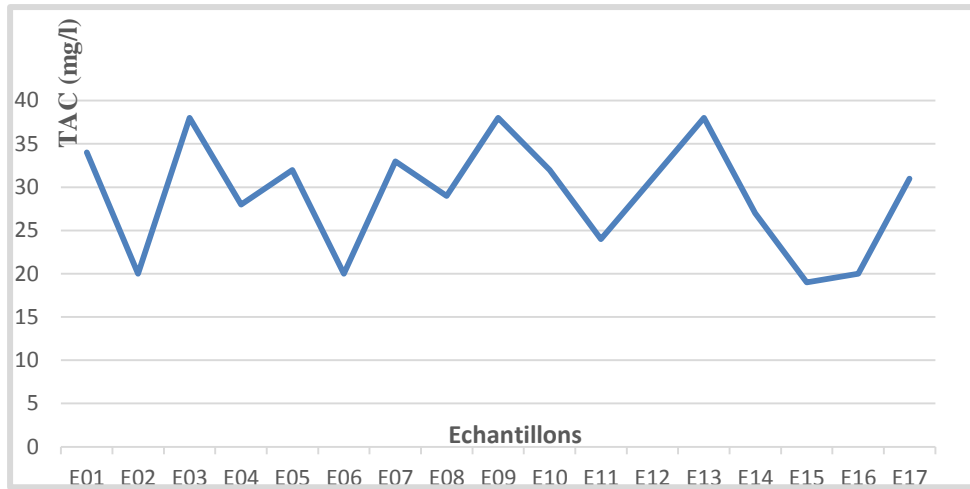
Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrés (calcaires dolomitiques, dolomies du jurassique ou du trias moyen) (Toul et Boulenouar, 2018).

D'après les résultats obtenus, les valeurs varient entre 0.48 à 8.74 mg/l ; donc les résultats sont très faibles et ne dépassent pas la norme Algérienne qui est de 500 mg/l.

### 1.1.9 Titre Alcalimétrique complet (TAC)

La (Figure 24) représente les valeurs de Titre Alcalimétrique Complet de l'eau pour les différents échantillons.

On observe une variation claire de la valeur de TAC entre les échantillons.



**Figure 24 :** Diagramme de Titre Alcalimétrique Complet de l’eau étudiée.

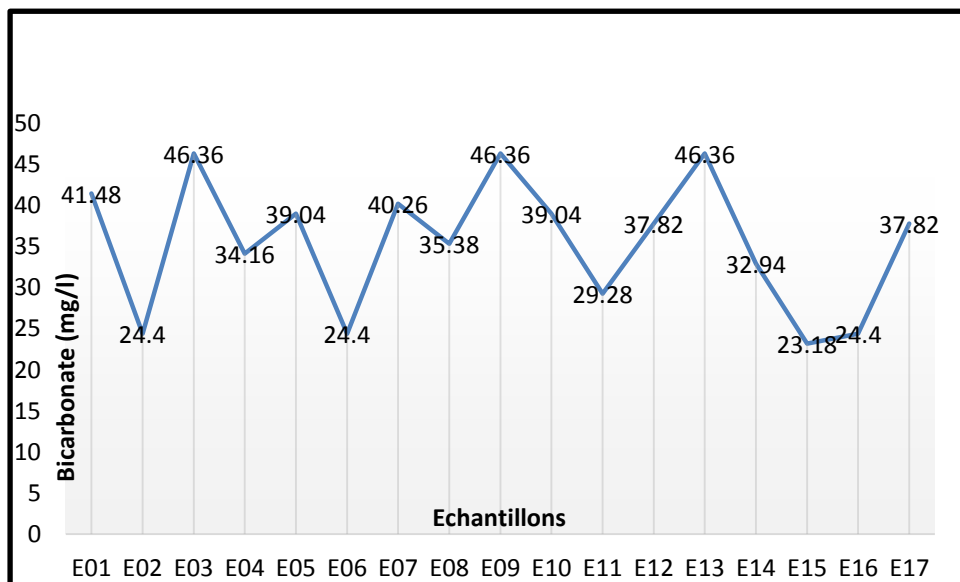
Le titre alcalimétrique complet ou TAC, Correspond à la teneur de l’eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates.

D’après les résultats obtenus, les valeurs sont faibles et varient entre 19 à 38 mg/l, donc l’eau est conforme à la norme.

### 1.1.10 Bicarbonate

Les valeurs du bicarbonate de l’eau étudié de la station sont représentées dans la (Figure 25).

On remarque une variation du bicarbonate entre les échantillons.



**Figure 25 :** Diagramme de la concentration en bicarbonate des eaux étudiés

La teneur des bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés (Rodier, 2005). La norme algérienne ne fixe aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit la concentration en bicarbonate dans l'eau de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

### 1.1.11 Nitrite

On remarque des valeurs négligeables de nitrite de l'eau analysée sauf une légère augmentation a été observée pour E08, E09, E11 et E17 (Figure 26).

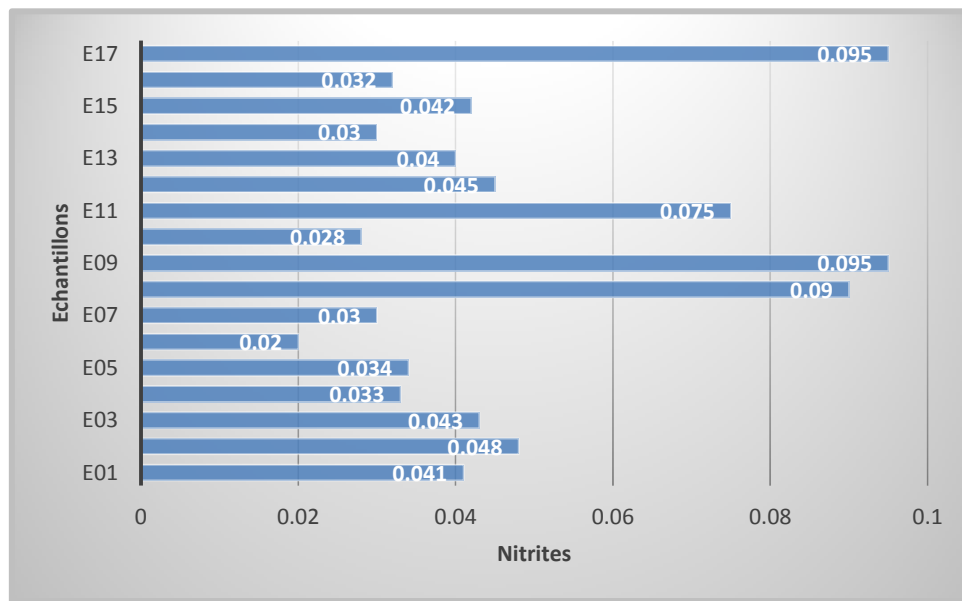


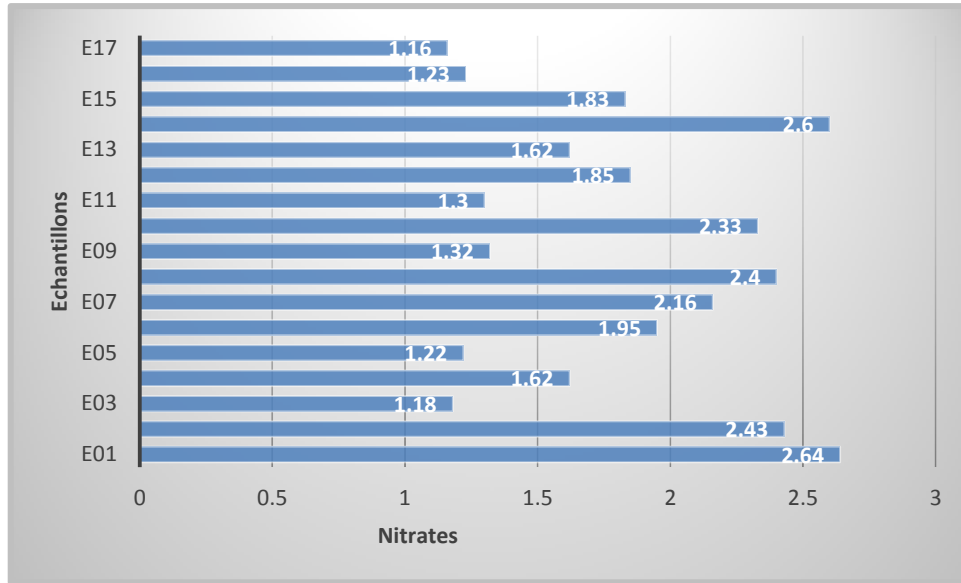
Figure 26 : Diagramme de la concentration en nitrites de l'eau étudiée.

Les nitrites sont des indicateurs de la pollution, leur présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et provoque une toxicité humaine à cause du pouvoir oxydant (Maiga, 2005). Elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates.

Dans la station étudiée, les résultats montrent qu'il n'y a pas une grande existence de nitrites dans tous les échantillons qui sont presque inférieures à 0.1 mg/l et donc conformes à la norme recommandée.

### 1.1.12 Nitrates

On observe une variation de la concentration en nitrates de l'eau analysée, avec une augmentation remarquable de E01 et E14 (Figure 27).



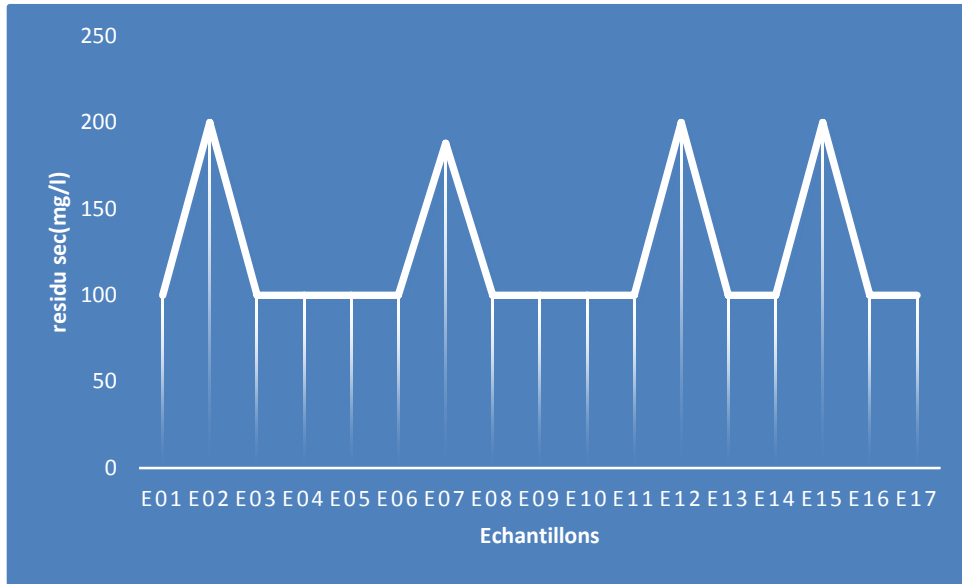
**Figure 27** : Diagramme de la concentration en nitrates de l'eau étudiée.

Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) sont des ions naturels présents partout dans l'environnement ; ils sont le produit de l'oxydation de l'azote par les microorganismes dans les plantes, le sol ou l'eau et dans une moindre mesure, par les décharges électriques comme la foudre (**Beatson, 1978**). Les sources de nitrates dans l'eau (en particulier les eaux souterraines) comprennent les matières animales et végétales en décomposition, et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles (**Adam, 1980 ; Egboka, 1984**).

D'après la réglementation algérienne (JORA 2011), il est recommandé pour le cas des nitrates, une valeur maximale de 50mg/l dans une eau destinée à la consommation humaine. Les résultats de notre étude ont révélé que toutes les concentrations en nitrates des échantillons d'eau sont conformes à la norme dans la mesure où les valeurs obtenues varient entre 1,16 et 2.64 mg/l ; ces résultats ont montré l'élimination du nitrate par des procédés de traitement.

### 1.1.13 Résidu Sec (RS)

La (**Figure 28**) représente les teneurs en résidu sec de l'eau pour les différents échantillons.



**Figure 28 :** Diagramme de la concentration en résidu sec de l’eau étudiée.

D’après les résultats obtenus, les valeurs varient entre 100 à 200 mg/l. Alors que ces résultats ne dépassent pas la limite maximale recommandée.

### 1.1.13 Chlore libre (Cl<sub>2</sub>)

On remarque dans tous les échantillons de l’eau testée, l’absence totale du chlore libre à raison du non utilisation d’une procédure de désinfection chimique par l’eau de javel après filtration. Ceci est justifié par le fait que l’osmose inverse est une procédure suffisante qui ne favorise pas le passage des microorganismes.

### 1.1.14 Les métaux lourds

Le tableau ci-après représente les concentrations détectables des échantillons analysés.

**Tableau 03 :** Résultats des concentrations en quelques métaux lourds de l’eau étudiée.

Paramètre	Unité	Résultat
<b>Chrome</b>	µg/l	<01
<b>Cuivre</b>	µg/l	<01
<b>Fer</b>	mg/l	0.01
<b>Nickel</b>	µg/l	7.00
<b>Zinc</b>	mg/l	<0.01

On remarque que la concentration du fer et de zinc est presque nulle. Alors que celle du chrome et de cuivre sont faibles.

Le nickel c'est un métal lourd qui s'accumule dans les organismes vivants et perturbe les équilibres et les mécanismes biologiques en provoquant des effets toxiques. Il peut affecter des allergies de la peau, des maladies respiratoires possibles et cancérigènes (**Gheid et al., 2008**).

Notre analyse a montré une concentration presque nulle de quelques métaux lourds étudiés dans de l'eau ; sauf une quantité très faible de nickel, mais leur existence est dans la norme. On peut dire que l'eau de consommation provenant de la station Nord d'Afrique est une eau de bonne qualité et ne présente aucun danger toxicologique pour la consommation humaine.

### I.2 Paramètres microbiologiques (Annexe 03)

Nous avons procédé à la comparaison de nos résultats d'analyses microbiologiques par des normes algériennes citées dans le (**Tableau 04**).

**Tableau 04** : Normes recommandées des paramètres microbiologiques.

Germes	Unités	Valeurs indicatives	Référence
<b>Germes aérobies à 37°C</b>	n/100ml	<b>10</b>	JORA n°21 2013
<b>Coliforme totaux</b>	n/250ml	<b>Absence</b>	JORA n °39 2017
<i>Escherichia coli</i>	n/250ml		
<b>Entérocoques</b>	n/250ml		
<b>Bactéries sulfito-réductices y compris les spores</b>	n/50ml		
<i>Pseudomonas aëroginosa</i>	n/250ml		

#### ✓ **Interprétation**

Absence : qualité microbiologique **Propre** ;

Présence : qualité microbiologique **Impropre**.



**Figure 29 :** Images photographiques des résultats d’analyses microbiologiques.

Les analyses microbiologiques de l’eau étudiée permet ainsi d’apprécier le risque dû à des microorganismes pathogènes, susceptibles d’être trouvés dans les eaux consommées par les citoyens, et de ce fait, de provoquer des maladies, et permet au même temps de contrôler l’efficacité de la filtration.

Les résultats des analyses microbiologiques obtenus révèlent que l’eau de la station Nord d’Afrique est propre à la consommation humaine car, ces derniers montrent que les 17 échantillons testés répondent aux normes algériennes de potabilité. On constate aussi l’absence totale des germes indicateurs de la contamination fécale (coliformes totaux, *Escherichia coli*, entérocoques et spores de *clostridium*) sauf la présence de quelques colonies des germes aérobies totaux, qui sont des indicateurs de l’hygiène générale de la station ou par l’effet d’une contamination en post-filtration.

On peut conclure donc que l’eau de la station est de bonne qualité microbiologique et elle est loin d’être contaminée.



# ***Conclusion***

Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de la station de dessalement Nord d'Afrique Tiksebt EL Oued ; La présente étude nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

1. L'analyse des résultats obtenus, montrent que sur le plan physico-chimique, les eaux de ce cours d'eau sont caractérisées par les paramètres suivants :

- La température moyenne est de 17.69 °C.
- Le pH légèrement alcalin est de 7.63.
- La conductivité électrique est de 555.11 µs/cm.
- La concentration en chlorures est de 53.62 mg/l.
- La concentration en titre hydrométrique est de 77.29 mg/l.
- La concentration en Nickel est de 7,00 µg/l.

A travers ces résultats, il est constaté que la totalité des paramètres physico-chimiques étudiés, répondent aux normes algériennes ; Donc l'eau de la station Nord d'Afrique est possède une qualité physico-chimique conforme.

2. L'analyse microbiologique a révélé que le taux des germes totaux est conforme à la norme avec l'absence totale des coliformes totaux et thermotolérants ainsi que des entérocoques et *Pseudomonas aerogenosa*.

A travers ces résultats, l'eau de la station est propre à la consommation humaine et elle est loin de la pollution qui peut être générée que ce soit par les rejets directs et les déchets industriels ou par les eaux usées domestiques.

A la lumière des conclusions rapportées précédemment, nous recommandons quelques perspectives et axes de recherche suivante :

- ✓ Le contrôle continu de la qualité des eaux de cette station.
- ✓ Augmentation de la taille de la présente étude, en s'appuyant sur l'analyse de cette station.

A background image of a water splash, with a large, central, circular splash of water droplets and a smaller splash below it, all set against a light blue background. The water is captured in a dynamic, mid-air state, with many individual droplets visible.

***Références  
bibliographiques***

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Ahonon S.** (2011). 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 du diplôme de master international.

**Ali abbou S. Benmlouka M.** (2013). Caractéristique Physico-Chimiques Des Eaux Embouteillées Algérienne Et Vérification D'étiquetage. Master II, Département chimie physique, Université U.S.T.O d'Oran Mohamed Boudiaf. P83.

**AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA).** (1990). Water quality and handbook of community water supplies, 4e édition. F.W. Pontius (dir. techn. de la publ.), McGraw-Hill, New York, NY.

**Anctil F.** (2008). L'eau et ses enjeux. Edition de Boeck. P:134.

**Armand I.** (1996) .Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc. P : 37.

**Ayad W.** (2017). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de Skikda). Thèse de doctorat en microbiologie appliquée, Université d'Annaba, Skikda.

**Beatson, C.G.** (1978). Methaemoglobinaemia-Nitrates in drinking water, *Environ. Health*, 86, 31.

**Benallou . A .** (2004). Analyse physico-chimique des effluents provenant de la laiterie de Arib.Centre université de Khemis Miliana.

**Bentekhici N.,Zebbar Z.d.** (2008) .Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques physiques d'un bassin versant et leurs influences sur l'écoulement des eaux (Bassin versant d'Oued EL MALEH, Nord-Ouest d'Algérie). 1ère conférence international sur le Web et l'information Technologie. Sidi Bel Abbes, ALGERIE, 147p.

**Bohy M.** (2003). Caractérisation de sources de pollution composées d'un mélange de solvants chlores en aquifère alluvial, Expérimentations en laboratoire et sur site contrôlé associées à la simulation numérique, Thèse de Doctorat en hydraulique, Université Louis Pasteur de Strasbourg.

**Bougherara H .**(2006). LA BIODEGRADATION PAR CULTURE MIXTE EN REACTEUR BATCH la station de dessalement de Souk Tleta « Tlemcen ».

**Bourgeois C.M., Mescle J.,F., Zucca J.** (1991). Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 1 .Edition:Lavoisier .Tec et Doc .P: 260- 261.

**Bouziani, M.** (2000). L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun.

**Bremond. R .,Vuichard. R .**(1973). Paramètres de la qualité des eaux, Ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement, OSPEPE, Paris.  
France.

**Briere F.G.**(2000). Distribution et collecte des eaux. 2eme édition : École Polytechnique de Montréal .P :299-300

**Chabbi M. ,Nezli N** (2018) . Qualité des eaux de consommation de la vallée d'Oued Souf.

**Coulibaly K.** (2005 ). Etude de la qualite physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse doctorat en Pharmacie. Université de Bamako, faculté de médecine de pharmacie et d'odontostomatologie. P 69.

**Cuq. J.L.**(2007) . Microbiologie Alimentaire control microbiologique des aliments, Edition Sciences et Techniques du Languedoc, Université de Montpellier 2, Département de Sciences et Technologie des IndustriesAlimentaires, Montpellier, France

**Debabza.M,** (2005) . Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie.

**Desjardins, R.** (1997). Le traitement des eaux, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2ème édition, Québec, Canada.

**Dezert B.** (1976). L'utilisation des eaux continentales dans les pays en voie de développement. diseases, Dans : Fluids and electrolytes, J.P. Kokko et R.L. Tanner (dir. De Documentation. Lavoisier, Paris. 220p.

**Edberg, SC, EW Rice., RJ Karlin ., MJ Allen.** (2000). Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology, 88: 106S-116S.

**Egboka B.C.E.** (1984). Nitrate contamination of shallow groundwaters in Ontario, *Canada. Sci. Total Environ.*, 35, 53.

**Felfoul . R, Hadjyahya . S .** (1999). Contribution au traitement des eaux de oued boutane ( Khemis Miliana) Choix d'un procédé d'épuration Centre université de Khemis Miliana.

**Gaujjour. D.** (1985).La pollution des milieux aquatiques: Aide-mémoire. 2eme Edition: revue et augmenté.

**Gaujous D.** (1995). La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris. 220p.

**Genoutdet .** (2001). L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale.

**Graindorge J.; Landot E.** (2007)La qualité de l'eau potable .Techniques et responsabilités. ISBN : 978-2-35295-441-5.

**Hachemaoui B .**(2014). qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de souk tlata - teneurs en bore, nitrites, nitrates et métaux lourds  
**Hadef D .,Hasni M .**(2017) .Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-MilianaW.Ain Defla.

**Hamed. M, Guettache. A, Bouamer. L .** (2012).. Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du Barrage Djorf-Torba Bechar. Université de Bechar .

**Harrat N.** (2013) Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eaux de surface. Thèse de Doctorat en sciences

**Hceflc D.** (2006) .Etude sur la pisciculture au barrage Almassira ; CR Dar Chafaai ; Cercle d'El BRouge, Province de Settlat, Maroc.

**Hoet P.**(2015).Chrome et composés. EMC - Pathologie professionnelle et de l'environnement 10(3):1.

**Hubert P. et Marin M.** (2001). « Quelle eau boirons-nous demain ? », , Edition: Fabienne Travers. P 64.

**Issaadi M ., Khebat A.** (2015). Contrôle du procédé combiné osmose inverse électrodéionisation CEDI par analyses physico chimiques des eaux de process de(

CEVITAL).

**Jean-Marc B., Juery C.** (2002). Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau ; Décembre

**Joel . G .** (2003). La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris, Novembre.

**Khelili .R, Lazali .D** (2015). Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla).

**Kherddine H ., Senhadji O ., Saou H** (2013 ) . Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaïa et évaluation de leur pouvoir entartrant .

**Koltz F.** (2010). L'eau, la vie et la mort. Ed. Springer Verlag. 4:77.

**Kudrinee B.** (2006). Etude et traitement de l'eau du BARRAGE DJORF-ELTOR de la wilaya Bechar par filtration sur sables. Mémoire de Magister en Eau et environnement. Université Hassiba Benbouaali de chlef .

**Larcher. C.** (2017) . Recherche et dénombrement des spores de Clostridium.

**Lauwerys R.** ( 2007). Chrome. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. 5 ed. Issy-les-Moulineaux: Masson, 240-260.

**Lefèvre J.G.** (1991). Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi: la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-Clevenot.

**Leyla . G., Ronnefoy . C., Guillet. F .** (2002). Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris.

**Mahamat . B, Beskri. A.** (2010). Caractéristique physico-chimique des eaux souterraines dans la plaine de Khemis Miliana, Mémoire fin d'étude. Centre université de Khemis Miliana.

**Maiga A.** (2005). Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali.

**Makhoukh .M .** (2011). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. Maroc.

**Manceur et Djaballah**, (2016).Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa,Mémoire de Master 2 en Microbiologie Appliquée, Université Labri Tébessi, Tébessa, Algérie.

**Mathilde B** (2017). La micronutrition dans le traitement des troubles digestifs : Rôles et conseils du pharmacien d'officine.

**Menad . K, Metadjer .** (2012).Traitement des eaux saumatre par l'osmose inverce cas de l'eau de Khemis Miliana .Université Khemis Miliana.

**Menad . K, Metadjer .**(2012).Traitement des eaux saumatre par l'osmose inverce cas de Ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement, OSPEPE, Paris. France.

**Mokdadi. H, Messai A.** (2015). Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-oued (Cas du Lac Ayata, Chott Marouam, Lac Sif El-Menadi et Chott Halloufa.

**Monique Henry.** ( 1991). Les eaux naturelles et les eaux de consommation Saint Laurent. montagnes du sud-ouest du Togo : cas du canton de la vie.

**Allalou S Madene H.**(2017) . Prétraitement des eaux d'injection nécessitant un chauffage dans le but de prévenir les problèmes de dépôt de carbonate de calcium

**Adam J.W.H.** (1980).Health aspects of nitrate in drinking-water and possible means of dénitrification (literature review), Water SA, 6, 79.

**Nabih Z.** (2013).Apport de la chimie pour l' analyse l'interprétation de quelques paramètre physicochimiques influençant la répartition des métaux lourds des éléments nutritifs et des anions dans les eaux de l'oued de Bourge.

**Nanfack N.A, Carine, F.F, Anyangwe, V.K.P, Katte B, Fogoh J. M.** (2014).Eaux non conventionnelles : un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres, Université de Dschang, Cameroun.

**Odalous;** Etat le 1er mai 2018.11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique.

**Olivaux Y.** (2007). La nature de l'eau. Ed. Marco Pietteur. France. 563 p.

**OMS**, (2000) . Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui.-Genève : OMS.-1050p.

**ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (OMS)**. (2003). L'eau pour \les hommes, l'eau pour la vie, Paris, W.B. Saunders Co., Toronto. qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones

**Paule Roth M** (2016). Fer et immunité innée : vers une meilleure compréhension des mécanismes développés par l'hôte pour réduire le fer accessible aux pathogènes

**Québec**, (2005) .méthode d'analyse : Recherche et dénombrement des entérocoques par filtration sur membrane MA700-ENT ; (10 REV 2).- 23p

**Rodier J.** (1999). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 7eme édition: Dunod, Paris

**Rodier J.** (2005). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.

**Rodier. J., Legube. B., Merlet. N., Brunet. R., Mialocq. J.C, Leroy. P.,Houssin. M., Lavison. G., Bechemin. C., Vincent. M., Rebouillon. P.,Moulin.L., Chomodé. P.,Dujardin. P.,Gosselin. S., Seux. R., Almardini F.** (2009) .L'analyse de l'eau, 9ème Ed. Dunod., Paris, France.

**Rouissat B.** (2010). La gestion des ressources en eau en Algérie : Situation, défis et apport de l'approche systémique. Revue de l'économie et le managment, 10, Université de Tlemcen, Algérie.

**Sahraoui. N.** (2015). Etude de la coherence entre la vulnérabilité à la pollution de la qualité des eaux souterraines plaine Khemis Miliana. Mémoire de Master en Eau et Bioclimatique. Université Khemis Miliana.

**Sari H.** (2014). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » Tlemcen.Mémoire de master, option : sciences des aliments. Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen.

**Sass.**(2003). Système aquifère du Sahara septentrional, une conscience de bassin , 2 ème édition .hydrogéologie.

**Saulais C.**(2000).Calcium et magnésium dans l'organisme humain trois sites d'action compars OSTEOTROPHIE-FONCTION RENALE-INFLUX NERVEUX.

**Savary P.** (2010). Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial édition, Voiron..

**Schultz S.G.** (1984). A cellular model for active sodium absorption by mammalian colon, *Annu. Rev. Physiol.*, 46, 435.

**Siggaard.,Anderson O.** (1976). Blood gases and electrolytes, Dans : Fundamentals of clinical chemistry, N.W. Tietz (dir. de publ.), W.B. Saunders Co., Philadelphie, PA.

**Soudani S .**(2016). Evaluation et caractérisation de l'eau potable dans différents quartiers de la ville de Biskra. Spécialité : HYDRAULIQUE. Université Mohamed Khider – Biskra.P168.

**Spellman., Frank R.** (2008).The Science of water: concepts and applications. *2ndEd. CRC Press Taylor & Francis Group. USA. 417 p.*

**Thomazeau R.** (1981) stations d'épuration eaux potables-eaux usées « Technique et documentation ISBN / 2-85206-114-7, paris.

**Toul O., Boulenouar K.**(2018) . Etude physico-chimique et bactériologique des eaux embouteillées de sourcealgérienne.

**Gheid A.,Medjram Med. S.** (2008).Etude comparative de l'adsorption des ions des plomb sur différents adsorbant

**Valentin N.** (2000). Gestion des eaux : Alimentation en eau assainissement. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris.

**Weinberg, J.M.** (1986). Fluid and electrolyte disorders and gastrointestinal

**Zouag B., Belhadj Y.**(2017). Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par



# *Annexes*

**Annexe 01 : Analyses volumétriques****1. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )****1.1 Préparation de réactifs**

- **Hydroxyde de Sodium 2 mol/l NaOH**

**8g NaOH → 100 ml Eau distillée**

Conserver dans 00 flacon en polyéthylène.

- **HSN indenter**

**0.1g Carboxylique  $\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{N}_{207.3}\text{H}_2\text{O}$  + 50g NaCl**

Conserver dans un flacon en polyéthylène.

- **EDTA 10 mmol/l**

**3.725g EDTA  $\text{Na}_2 \text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_{208}\text{Na}_2.2\text{H}_2\text{O}$  → 1000ml Eau distillée**

Après séchage à l'étuve  $80^\circ\text{C} / 2\text{H}$  et Conserver dans un flacon en polyéthylène.

**2. Dureté totale (TH)****2.1 Préparations des réactifs**

- **N.E.T**

**0.5g N.E.T ( $\text{C}_2\text{O}_2\text{H}_{12}\text{N}_3\text{O}_7\text{San}$ ) + 25ml Ethanol**

**Ou 0.5g N.E.T + 100ml Triéthanolamine ( $\text{HOCH}_2\text{CH}_2$ )<sub>3</sub>N.**

Conserver dans un flacon en verre.

- **Tampon K10**

**6.75g chlorure d'ammonium( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) + 57ml Solution ammoniacal 25% + 0.5g Triplex magnésium → 100ml Eau distillée.**

Conserver dans flacon en polyéthylène

- **E.D.T.A  $\text{Na}_2.10\text{mmol/l}$**

Même préparation que dans le dosage de calcium.

**3. Chlorures****3.1 Préparations des réactifs**

**10g K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> —————>100ml** Eau distillée

Conserver la dans un flacon en verre blanc.

➤ **Nitrate d'argent 0.02 mol/l AgNO<sub>3</sub>**

**3.3974g AgNO<sub>3</sub> —————>1000 ml** Eau distillée

Après séchage à l'étuve **105°C / 2H** et conserver la dans un flacon en verre blanc.

➤ **Chlorure de Sodium 0.02 mol/l NaCl**

**0.2922g NaCl ———> 1000ml** Eau distillée

Après séchage à l'étuve **105°C / 2H** et conserver la dans un flacon en verre blanc.

#### 4. TAC et HCO<sub>3</sub>

##### 4.1 Préparation des réactifs

➤ **Hydroxyde de sodium N/50 NaOH**

**0.08g NaOH ———> 100ml** eau distillée.

Conserver dans un flacon en polyéthylène.

➤ **Méthyle orange indicateur colore**

**0.25g** méthyle orange ———> **50ml** eau distillée.

Conserver dans un flacon en verre brun.

➤ **Acide sulfurique n/50 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

**0.5ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 18mol/l**————> **1000ml** eau distillée.

Conserver dans un flacon en polyéthylène.

#### 5. Nitrite (NO<sub>2</sub>)

##### 5.1 Préparation de réactif

➤ **Réactif mixte**

Sulfanilamide..... 40 g

Acide phosphorique ..... 100 ml

N-1- Naphtyl éthylène diamine ..... 2 g

H<sub>2</sub>O distillée..... q.s.p 1000 ml.



Balance analytique

## 6. Nitrates (NO<sub>3</sub>)

### 6.1 Préparation de réactif

#### ➤ Réactif A (LCK339)

2,6-diméthylphénol

0.23à13.5mg/L NO<sub>3</sub>-N



Spectrophotomètre

## 7. Test de chlore (Cl<sub>2</sub>)

**DPOD1** : comprimé pour mesure du Chlore libre et du Chlore total.



Test de chlore

## 7. Dosage de métaux lourds

#### ➤ Fer

**HI 93746-0 TPTZ** : Le HI 93746 est un analyseur d'ions spécifiques qui permet de déterminer la concentration en fer dans les eaux.

#### ➤ Chrome

**HI 93749-0** : L'analyseur HI 93749 permet la mesure du chrome hexavalent CrVI contenu dans l'eau.

#### ➤ Cuivre

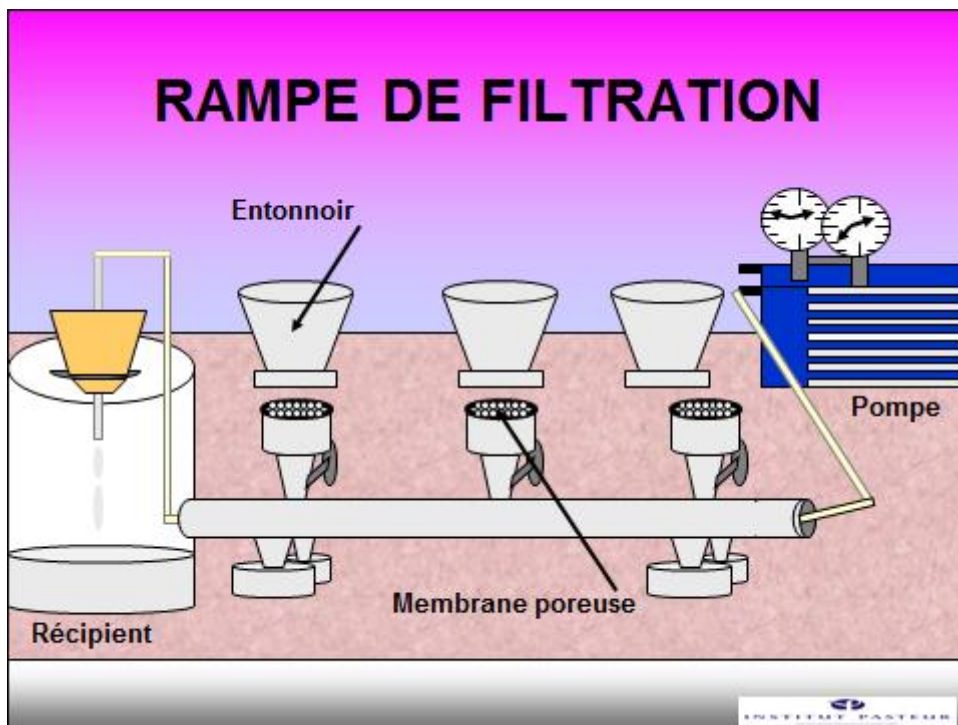
**HI 95747-0** : Le HI 93747 est un analyseur d'ions spécifiques qui permet de déterminer la concentration en cuivre dans les eaux.

#### ➤ Nickel

**HI 93740 A-0 ; HI 93740 B-0 et HI 93740 C-0** : Le HI 93740 est un analyseur d'ions spécifiques qui permet de déterminer la concentration en nickel dans les eaux.

## Annexe 02 : Paramètres microbiologiques

### 1. Rampe de filtration



Rampe de filtration

L'eau qu'on veut analyser doit être filtrée sur une membrane en nitrate de cellulose de porosité bien définie (0.45  $\mu\text{m}$ ) capable de retenir les bactéries.

#### ➤ **Mode opératoire**

- Flamber la face supérieure de l'appareil ;
- Poser les membranes filtrants entre l'entonnoir et la pince : le coté poreux au-dessous ;
- Installer le dispositif d'assemblage ;
- Agiter bien le flacon d'eau à analyser et le verser dans l'entonnoir jusqu'à son remplissage ;
- Ouvrir le robinet du support entièrement afin de laisser l'eau s'écouler sous l'action d'aspiration d'eau.
- Après l'aspiration de toute la quantité d'eau, fermer les robinets puis enlever les dispositifs d'assemblage et avec une pince flambée prélever les membranes saisies par leur extrémité ;
- Transporter chaque membrane de filtration soigneusement sur un milieu de culture solide additionné de Tergitol 7 et TTC puis faire incubation à 37 C° pendant 24 h.

## 2. Milieux de culture

### ➤ Gélose Tryptone -glucose (TGEA)

- **Domaine d'utilisation :** il est préconisé pour le dénombrement des germes revivifiables dans de l'eau potable et naturelle.

- **Composition (pour un litre de milieu)**

Tryptone.....6,0 g

Extrait autolytique de levure.....3,0 g

Agar agar bactériologique.....10,0 g

PH : 7, Autoclavage 20 mn à 121°C.

### ➤ Gélose TTC et au Tergitol 7

- **Domaine d'utilisation :** permet d'effectuer la recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes dans les eaux, notamment celles destinées à la consommation humaine, par la méthode des membranes filtrantes.

- **Composition (pour un litre de milieu)**

Peptone pancréatique de viande .....10,0 g

Extrait de viande .....5,0 g

Extrait autolytique de levure.....6,0 g

Lactose .....20,0 g

Tergitol 7 .....0,1 g

Bleu de bromothymol .....50,0 mg

Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium .....25,0 mg

Agar agar bactériologique.....10,0 g

pH : 7,2 ± 0,2, Autoclavage 20 mn à 121°C.

### ➤ Gélose slanetz et Bartly

- **Domaine d'utilisation :** milieu sélectif utilisé pour le dénombrement des entérocoques intestinaux dans les eaux d'alimentation par la technique de filtration sur membrane.

- **Composition (pour un litre de milieu)**

Tryptose .....20,0 g

Extrait autolytique de levure.....5,0 g

Glucose.....2,0 g

Phosphate dipotassique.....4,0 g

Azide de sodium .....0,4 g

Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium .....0,1 g

Agar agar bactériologique.....10,0 g

pH :  $7,2 \pm 0,2$ , Autoclavage 20 mn à 121°C.

➤ **Gélose viande-foie**

- **Domaine d'utilisation :** utilisée pour le dénombrement des spores de *Clostridia* sulfitoréducteurs dans les eaux.
- **Composition (pour un litre de milieu)**

Peptone viande-foie .....	30,0 g
Glucose.....	2,0 g
Amidon soluble .....	2,0 g
Sulfite de sodium .....	2,5 g
Citrate de fer ammoniacal.....	0,5 g
Agar agar bactériologique.....	11,0 g

pH :  $7,6 \pm 0,2$ , Autoclavage 20 mn à 121°C.

➤ **Gélose cétrimide**

- **Domaine d'utilisation :** milieu sélectif utilisé pour l'isolement et le dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa* dans les eaux embouteillées, les eaux de piscines, les eaux destinées à la consommation humaine.
- **Composition**

Peptone pancréatique de gélatine .....	16,0 g
Hydrolysate acide de caséine .....	10,0 g
Glycérol.....	10,0 mL
Sulfate de potassium .....	10,0 g
Chlorure de magnésium.....	1,4 g
Cétrimide.....	0,2
Acide nalidixique .....	15,0 mg
Agar agar bactériologique.....	11,0 g

pH :  $7,1 \pm 0,2$ , Autoclavage 20 mn à 121°C.

**Annexe 03 : Résultats des analyses microbiologiques.**

N°	Date d'analyse	Paramètres microbiologiques				
		Germes totaux	Coliformes totaux	<i>Escherichia coli</i>	Spores des Sulfito- réductrices	<i>Pseudomonas aerogenosa</i>
01	12/03/2019	03C	Ab	Ab	Ab	Ab
02	06/04/2019	02C	Ab	Ab	Ab	Ab
03	07/04/2019	04C	Ab	Ab	Ab	Ab
04	08/04/2019	05C	Ab	Ab	Ab	Ab
05	09/04/2019	03C	Ab	Ab	Ab	Ab
06	10/04/2019	02C	Ab	Ab	Ab	Ab
07	11/04/2019	03C	Ab	Ab	Ab	Ab
08	14/04/2019	02C	Ab	Ab	Ab	Ab
09	15/04/2019	04C	Ab	Ab	Ab	Ab
10	16/04/2019	03C	Ab	Ab	Ab	Ab
11	17/04/2019	01C	Ab	Ab	Ab	Ab
12	18/04/2019	04C	Ab	Ab	Ab	Ab
13	21/04/2019	02C	Ab	Ab	Ab	Ab
14	22/04/2019	05C	Ab	Ab	Ab	Ab
15	23/04/2019	05C	Ab	Ab	Ab	Ab
16	24/04/2019	02C	Ab	Ab	Ab	Ab
17	25/04/2019	01C	Ab	Ab	Ab	Ab

C : colonies, Ab : absence.