

N° d'ordre :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

-----  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE



DOMAINE : SCIENCES DE LA MATIERE

FILIERE : CHIMIE

## MEMOIRE DE MASTER

SPECIALITE : CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

### THEME

**EVOLUTION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES  
ET BACTERIOLOGIQUES DE L'EAU DE SOURCE  
« THALA N'TAZART » DURANT LE STOCKAGE ET LE  
TRAITEMENT PAR EBULLITION**

Présenté par M<sup>lles</sup> :

**HAMEG MASSILIA  
TABECHE SYLIA**

Soutenu publiquement, le 14/ 07/ 2022, devant le Jury composé de :

<b>CHEIKH</b>	<b>ASSIRA</b>	<b>MCB</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Présidente</b>
<b>FERRAG</b>	<b>FATIHA</b>	<b>MCA</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Promotrice</b>
<b>ALI</b>	<b>OUMSSAAD</b>	<b>MCB</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Examinatrice</b>

## *Remerciements*

*Nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à Madame, FERRAG Fatiha, notre directrice de recherche, pour son engagement à nos côtés et sa grande disponibilité tout au long de ce mémoire. Soyez assurée Madame, de toute notre estime et notre plus profond respect.*

*Nous remercions aussi chaleureusement la cheffe de laboratoire de l'ADE, Madame LADJEL Samia, pour nous avoir accueillies au sein du laboratoire centrale d'analyse des eaux, unité de Tizi-Ouzou, ainsi que tout le personnel de l'ADE pour tous leurs conseils avisés durant toute la durée du stage.*

*Nos remerciements vont aussi à la cheffe de laboratoire de SEAAL, centre de traitement TAKSEBT, Madame CHIKHI Akila pour nous avoir accueillies au sein de son laboratoire, pour tous ses conseils avisés durant toute la durée du stage*

*Nos remerciements les plus sincères vont également à Monsieur HADDADI Nouredine qui nous a accompagnées tout au long de notre stage, pour l'aide précieuse qu'il a su nous apporter au laboratoire de SEAAL.*

*Nous adressons nos remerciements les plus sincères à Madame CHEIKH Assira qui nous fait l'honneur de prendre connaissance de ce travail et de présider ce jury. Trouvez ici Madame, l'expression de notre profonde reconnaissance.*

*Toute notre gratitude à madame ALI Oumssaad, qui nous fait l'honneur de prendre connaissance de ce travail et de participer à ce jury. Trouver ici Madame, l'expression de notre profonde reconnaissance.*

*Je tiens aussi à remercier toutes les personnes qui ont participé à mon encadrement et, tous ceux, qui de près ou de loin m'ont soutenu dans la réalisation de ce mémoire dans les meilleures conditions.*

## *Dédicace*

*Ce mémoire est dédié à mes parents, et mon frère Wyssem, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout au long de mes études.*

*Merci d'avoir été là dans les moments de doute.*

*Merci pour toute la confiance que vous m'avez accordée.*

*Sylian*

*Ce mémoire est dédié à mes parents, et mon frère Yanis, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout au long de mes études.*

*Merci d'avoir été là dans les moments de doute.*

*Merci pour toute la confiance que vous m'avez accordée.*

*Massilia*

## Sommaire :

Dédicaces

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

INTRODUCTION GENERALE

### CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

<b>I. L'eau</b> .....	2
<b>I.1 Cycle de l'eau</b> .....	2
<b>I.2 Ressources en eau</b> .....	3
<b>I.2.1 Les eaux superficielles</b> .....	4
<b>I.2.2 Les eaux souterraines et différents réservoirs souterrains</b> .....	4
1. Aquifères .....	4
2. Nappes souterraines.....	4
➤ Nappe libre .....	5
➤ Nappe captive .....	5
<b>I.2.3 Caractéristiques des eaux souterraines</b> .....	5
<b>II. Paramètres de potabilité de l'eau</b> .....	6
<b>II.1 Paramètres physico-chimiques</b> .....	6
➤ Température.....	6
➤ Conductivité électrique.....	6
➤ Potentiel hydrogène (pH) .....	6
➤ Alcalinité .....	6
➤ Dureté.....	7
➤ Turbidité.....	7
➤ Résidus secs à 105°C.....	7
<b>II.2 Paramètres organoleptiques</b> .....	8
➤ Couleur.....	8
➤ Goût et odeur.....	8
<b>II.3 Minéralisation globale</b> .....	8
➤ Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	8
➤ Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) .....	8
➤ Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).....	8

➤ Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) .....	9
➤ Potassium ( $K^+$ ).....	9
➤ Sodium ( $Na^+$ ).....	9
<b>II.4 Paramètres indésirables.....</b>	<b>9</b>
➤ Aluminium ( $Al^{3+}$ ) .....	9
➤ Fer ( $Fe^{2+}$ ).....	10
➤ Manganèse ( $Mn^{2+}$ ).....	10
<b>II.5 Paramètres de pollution.....</b>	<b>10</b>
➤ Ammonium.....	10
➤ Matières organiques .....	10
➤ Nitrates ( $NO_3^-$ ).....	11
➤ Nitrites ( $NO_2^-$ ).....	11
➤ Phosphates ( $PO_4^{3-}$ ).....	11
<b>II.6 Paramètres bactériologiques .....</b>	<b>11</b>
➤ Germes indicateurs de pollution fécale .....	11
➤ Coliformes totaux .....	12
➤ Coliformes thermotolérants ( <i>Escherichia coli</i> ) .....	12
➤ Streptocoques fécaux.....	12
➤ Clostridium sulfito-réducteur .....	12
<b>III. Pollution de l'eau .....</b>	<b>13</b>
<b>IV. Maladies liées à l'eau .....</b>	<b>13</b>
<b>V. Impact de la pollution de l'eau sur la santé et l'environnement.....</b>	<b>14</b>
<b>VI. Traitement .....</b>	<b>16</b>
<b>VI.1 Désinfection physique .....</b>	<b>16</b>
➤ Désinfection solaire (méthode SODIS).....	16
➤ Désinfection Ultraviolet .....	17
➤ Désinfection par Ebullition .....	17
<b>VI.1 Désinfection chimique.....</b>	<b>18</b>
➤ Désinfection par chloration .....	18
➤ Désinfection par l'ozone .....	18

## **CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES**

<b>I. Présentation des organismes .....</b>	<b>19</b>
<b>I.1 Algérienne des Eaux ADE .....</b>	<b>19</b>
<b>I.2 Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger SEAAL.....</b>	<b>19</b>
<b>I.3 Présentation de la source .....</b>	<b>19</b>

<b>III Echantillonnage de l'eau .....</b>	<b>20</b>
<b>III.1 Echantillonnage pour les analyses initiales .....</b>	<b>20</b>
<b>III.2 Transport des échantillons .....</b>	<b>21</b>
<b>III.3 Stockage de l'eau de source .....</b>	<b>21</b>
<b>IV. Méthodes analytiques .....</b>	<b>21</b>
<b>IV. 1 Analyses physico-chimiques .....</b>	<b>22</b>
➤ Mesure du potentiel hydrogène .....	22
➤ Mesure de la turbidité .....	22
➤ Mesure de la conductivité.....	22
<b>IV.2 Analyse de minéralisation globale .....</b>	<b>22</b>
➤ Mesure de l'alcalinité .....	22
➤ Mesure de la dureté (Titre Hydrotimétrique) .....	23
➤ Dosage des chlorures .....	25
➤ Dosage du sodium et potassium .....	25
<b>IV.2. Analyses des paramètres de pollution .....</b>	<b>26</b>
➤ Dosage de l'ammonium.....	26
➤ Dosage des phosphates .....	26
➤ Dosage des nitrates .....	27
➤ Dosage des nitrites.....	27
➤ Dosage des matières organiques.....	27
<b>IV.3. Analyses des paramètres indésirables .....</b>	<b>28</b>
➤ Dosage de l'Aluminium .....	28
➤ Dosage du fer.....	28
➤ Dosage du manganèse .....	28
<b>IV. 2. Analyses bactériologiques.....</b>	<b>29</b>
<b>IV.2.1. Méthode de dénombrement des coliformes totaux et fécaux .....</b>	<b>29</b>
<b>IV.2.2. Méthode de dénombrement des entérocoques intestinaux ou streptocoques fécaux.....</b>	<b>30</b>
<b>IV.2.3. Méthode de dénombrement des Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) .....</b>	<b>31</b>

## CHAPITRE III : RESULTATSET DISCUSSION

<b>I. Analyses physico-chimiques</b> .....	32
<b>I.1 Paramètres organoleptiques</b> .....	32
<b>I.2 Paramètres physico-chimiques</b> .....	32
➤ <b>Température</b> .....	33
➤ <b>Le pH</b> .....	34
➤ <b>Conductivité</b> .....	34
<b>I.3 Paramètres de minéralisation globale</b> .....	34
➤ <b>Potassium et sodium</b> .....	36
➤ <b>Chlorures</b> .....	36
➤ <b>Bicarbonates</b> .....	37
➤ <b>Titre alcalimétrique TA et alcalimétrique complet TAC</b> .....	37
<b>I.4 Paramètres de pollution</b> .....	38
➤ <b>Phosphate</b> .....	38
➤ <b>Ammonium, nitrites et nitrates</b> .....	39
➤ <b>Matière organique</b> .....	40
<b>I.5 Eléments indésirables</b> .....	41
<b>II. Analyses bactériologiques</b> .....	42
➤ <b>Les coliformes totaux</b> .....	43
➤ <b>Escherichia coli &amp; anaérobies sulfito-réductrices</b> .....	43
➤ <b>Bactérie aérobies revivifiables à 22 °C et 37 °C</b> .....	43

## CONCLUSION

## Références

## bibliographiques Annexes

## Listes des figures

<b>Figure 1 :</b> Représentation chimique d'une molécule d'eau .....	2
<b>Figure 2 :</b> Schéma du cycle de l'eau global .....	3
<b>Figure 3 :</b> La diversité des ressources en eau .....	3
<b>Figure 4 :</b> Nappe libre et nappe captive d'un aquifère .....	5
<b>Figure 5 :</b> Echelle de la dureté de l'eau .....	7
<b>Figure 6 :</b> Situation géographique de la source « THALA N'TAZART » .....	20
<b>Figure 7 :</b> Histogramme de variation de la couleur de l'eau de la source Thala N'Tazart .....	32
<b>Figure 8 :</b> Histogramme de variation de la température .....	33
<b>Figure 9 :</b> Histogramme de la variation de la dureté totale .....	35
<b>Figure 10 :</b> Histogramme de la variation de la concentration du calcium et du magnésium.....	35
<b>Figure 11 :</b> Histogramme de la variation de la concentration des chlorures.....	36
<b>Figure 12 :</b> Histogramme de la variation de la concentration des bicarbonates .....	37
<b>Figure 13:</b> Histogramme de la variation du titre alcalimétrique TA et alcalimétrique complet TAC .....	38
<b>Figure 14:</b> Histogramme de la variation de la concentration des ions phosphate.....	39
<b>Figure 15:</b> Histogramme de la variation de la teneur en ammonium, nitrites et nitrates .....	40
<b>Figure 16 :</b> Histogramme de la variation des concentrations en matière organique.	40
<b>Figure 17 :</b> Histogramme de variation de la concentration du fer.....	41
<b>Figure 18 :</b> Histogramme de la variation de des micro-organismes recherchés pendant les analyses .....	42

**Figure 19:** Histogramme de la variation des bactéries aérobies revivifiables à 22°C et 37°C  
durant le stockage..... 43

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Principales maladies à transmissions hydriques .....	14
<b>Tableau 2 :</b> Effet de différents polluants sur la santé humaine et l'environnement...	15
<b>Tableau 3 :</b> Avantages et inconvénients de la désinfection solaire (méthode SODIS)	16
<b>Tableau 4 :</b> Avantages et inconvénients de la désinfection Ultraviolet .....	17
<b>Tableau 5 :</b> Avantages et inconvénients de la désinfection par ébullition .....	17
<b>Tableau 6 :</b> Avantages et inconvénients de la désinfection par chloration.....	18
<b>Tableau 7 :</b> Avantages et inconvénients de la désinfection par l'ozone .....	19
<b>Tableau 8 :</b> Etiquetage des échantillons de l'eau de source « THALA N'TAZART »	21
<b>Tableau 9 :</b> Résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau de la source Thala N'Tazart .....	33
<b>Tableau 10 :</b> Résultats d'analyses des paramètres de minéralisation globale de l'eau de la source Thala N'Tazart .....	34
<b>Tableau 11 :</b> Résultats d'analyses des paramètres de pollution de l'eau de la source Thala N'Tazart .....	38
<b>Tableau 12 :</b> Résultats d'analyses des éléments indésirables de l'eau de la source Thala N'Tazar .....	41
<b>Tableau 13 :</b> Résultats d'analyses des paramètres bactériologique de l'eau de la source Thala N'Tazart .....	42

## Liste des abréviations

% : Pour cent  
°C : Degré Celsius  
°F : Degré français  
µs : Micro-Siemens  
µg/L : microgramme par litre  
ADE : Algérienne des eaux  
AgNO<sub>3</sub> : Nitrates d'argent  
APP : Analyse physico-chimique partiel  
APC : Analyse physico-chimique complet  
BEA : Bile Esculine Azoture  
C : Concentration  
CaCO<sub>3</sub> : Carbonates de calcium  
Cm : Centimètre  
CMA : Concentration maximale admissible  
CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> : Ions carbonates  
CSR : Clostridium sulfito-réducteurs  
Degré ChL : Degré chlorométrique  
E.Coli : Escherichia coli  
Ech : Echantillon  
EDTA : acide éthylène diamine tétra-acétique  
Etc : Etcetera  
FM : Filtration sur membrane  
H<sub>2</sub>O : Eau  
H<sub>2</sub>S : Sulfure d'hydrogène  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : Acide sulfurique  
HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Ions bicarbonates  
HSN : Acide ascorbique  
ISO : Organisation internationale de normalisation  
KCl : Chlorure de Potassium  
Kg : Kilogramme  
KMnO<sub>4</sub> : Permanganate de potassium  
m : Mètre  
MES : Matières en suspension  
mg/L : milligramme par litre  
mL : Millilitre  
mn : Minute  
MO : Matière organique  
MRE : ministère chargé des ressources en eau  
N.A : Norme algérienne  
NaCl : Chlorure de Sodium  
NaOH : Hydroxyde de Sodium  
NH<sub>3</sub> : Ammoniac  
NH<sub>4</sub><sup>+</sup> : Ion ammonium  
nm : Nanomètre  
NO<sub>2</sub><sup>-</sup> : Nitrites  
NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Nitrates  
NTU : Unité de turbidité néphélométrique  
OMS : Organisation mondiale de la santé  
ONA : office nationale de l'assainissement

PET : Polyéthylène téréphtalate  
pH : Potentiel hydrogène  
Pt : Platine  
PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>: Phosphate  
SEAAL : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger  
TA : Titre alcalimétrique  
TAC : Titre alcalimétrique complet  
TH : Dureté  
THCa : Dureté calcique  
THMg : Dureté magnésienne  
TSC : Tryptone Sulfite Cyclo-sérine  
TSN : Tryptone Sulfite néomycine  
UFC : Unité formant colonie  
UV : Ultraviolet  
VF: Viande de foie



# Introduction

---

Hubert Reeves disait : « A l'échelle cosmique, l'eau est plus rare que l'or ».

Aujourd'hui, l'eau occupe 71 % de l'espace terrestre. En effet, 3 % de cette eau est douce et seulement 0,7 % peut être consommé par l'homme. L'eau est aussi un vecteur privilégié de la vie et de l'activité humaine. Actuellement, en plus de la consommation totale d'eau, les usages domestiques, industriels et agricoles atteignent une impressionnante moyenne de 700 m<sup>3</sup> par habitant et par année bien qu'elle ne soit pas distribuée à parts égales dans le monde.

Par conséquent, il est clair que les besoins humains en eau continueront de croître. Cette augmentation de la consommation d'eau a été très forte au cours des dernières décennies, environ 10 % de cette consommation est destinée à un usage domestique.

Dans la nature, l'eau peut transporter de nombreux micro-organismes, virus, bactéries et protistes de tout genre, qui y vivent et s'y développent. Cela signifie qu'il est essentiel de protéger et de traiter l'eau destinée à la consommation humaine, de produire de l'eau propre à des fins industrielles spécifiques ou de limiter la pollution du milieu naturel, c'est dans cette optique que les scientifiques ont élaborés des règles de protection qui vont des ressources jusqu'aux robinets des consommateurs.

La problématique se situe dans le contexte où la population consomme les eaux des sources stockées plusieurs jours, sans garantir sa potabilité. Pour cela, notre objectif principal dans cette étude est de suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de source en hiver, en été et après stockage et traitement. L'eau de source considérée est nommée « Thala N'Tazart », située dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

Ce mémoire sera scindé en trois parties, abordé par une introduction générale et achevé par une conclusion générale.

Le premier chapitre est consacré à la synthèse bibliographique portant sur l'eau, ressources en eau, paramètres de potabilité de l'eau (paramètres physico-chimiques et bactériologiques) pollution de l'eau, maladies liées à l'eau et impact de la pollution de l'eau sur la santé et l'environnement.

Le deuxième chapitre est relatif à la partie expérimentale de ce mémoire, elle est majoritairement consacrée aux différentes méthodes expérimentales, ainsi que le matériel et les réactifs utilisés durant cette étude.

Quant au troisième chapitre, il est dédié à la présentation et à la discussion de l'ensemble des résultats obtenus à partir de cette étude.

## I. Eau

L'eau demeure le principal constituant des êtres vivants et l'élément indispensable à toute forme de vie. Sans eau, aucun organisme, qu'il soit végétal ou animal, simple ou complexe, petit ou gros, ne peut vivre.

L'eau représente 60 % de notre poids, soit 50 litres pour un individu de 70 kg (avec des différences liées au sexe, à l'âge et à la masse grasse). Nos 50.000 milliards de cellules contiennent les deux tiers de l'eau de notre corps. L'eau de notre organisme est répartie dans trois compartiments : l'eau intracellulaire, l'eau extracellulaire et le sang.

La formule de l'eau peut s'écrire de façon très simple :  $H_2O$  (l'union d'un atome d'oxygène avec 2 atomes d'hydrogène) (DEGREMONT, 2005) (Fig. 1). Cette molécule, présente un angle interatomique de l'ordre de  $104,45^\circ$ , caractéristique d'une géométrie tétraédrique, dû à l'électronégativité de deux de ses pôles, au lieu de  $90^\circ$  pour des liaisons strictement covalentes. Elle est aussi caractérisée par un moment électrique (polarité) mis en évidence par ses propriétés.

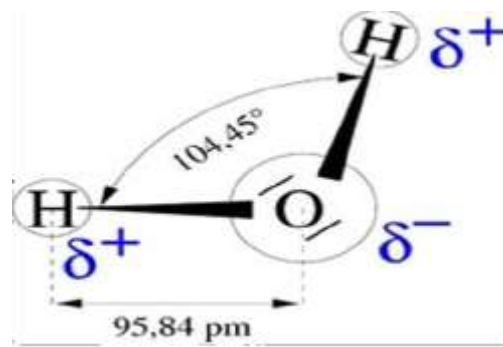


Figure 1 : Représentation chimique d'une molécule d'eau

### I.1. Cycle de l'eau

L'eau est la seule molécule à être présente sous trois états sur la terre : solide, liquide et gazeuse. L'eau peut changer d'état sans intervention humaine. Ces changements d'états dépendent essentiellement de la température et de la pression mais aussi des composés chimiques présents dans l'atmosphère, donc de la pollution atmosphérique (MUSY, 1998).

L'eau circule sans arrêt sur terre sous différentes formes : nuages, pluie, rivières et océans. Elle passe de la mer à l'atmosphère, de l'atmosphère à la terre puis de la terre à la mer, en suivant un cycle qui se répète indéfiniment (Figure.2).

Autrement dit, le soleil fait évaporer l'eau des rivières, des lacs, des mers, des océans en de fines gouttelettes. En se regroupant, elles forment des nuages qui, poussés par le vent, rencontrent des masses d'air froid et donnent naissance à la pluie. L'eau de pluie s'infiltré dans le sol et rejoint les nappes phréatiques, les sources, les rivières, les fleuves, pour recommencer sans fin le même voyage (KALLECH, DAHMANE, 2020)

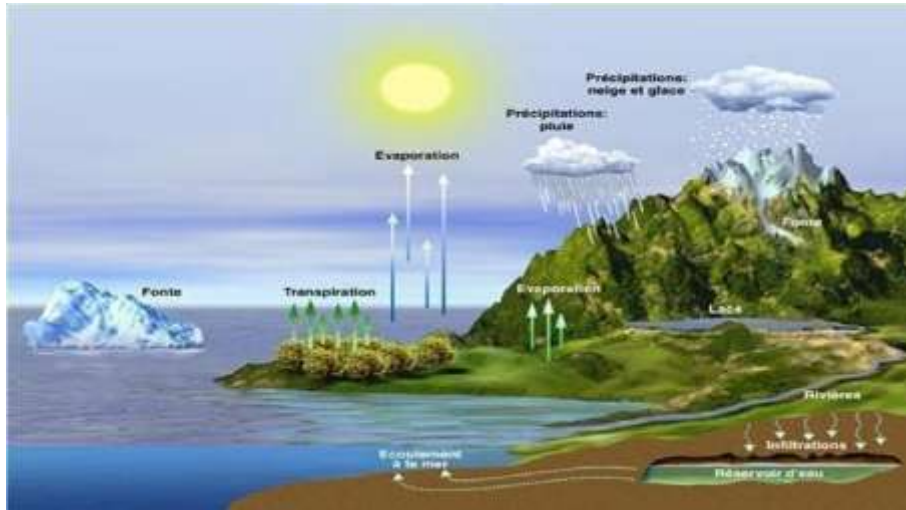


Figure 2 : Schéma du cycle de l'eau global (FUTURA-SCIENCE,2012)

## I.2. Ressources en eau

Les océans et les mers constituent la plus grande partie de l'eau sur terre (la planète bleue), soit 97,5 %. La quantité d'eau douce présente sur terre est estimée à environ 2,5 % (Fig. I.3). : Sur ce total, 77% sont gelés dans les calottes glaciaires et les glaciers, le reste se trouve sous terre, soit 22 %. Ainsi, seulement 1% de l'eau douce est disponible en surface (les lacs, les rivières, les courants, les étangs et les marais) (BENGARNIA ,2016).

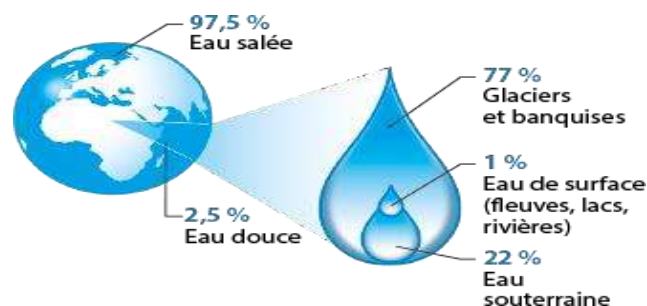


Figure 3 : La diversité des ressources en eau (ANNABAC, 2022)

### **I.2.1. Les eaux superficielles**

Ce type d'eau englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages...etc.). La composition chimique des eaux superficielles dépend de la nature des terrains traversés par ces dernières. Elles sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (DEGREMONT 1989).

### **I.2.2. Les eaux souterraines et différents réservoirs souterrains**

L'eau contenue dans le sol et le sous-sol constitue une part importante de l'utilisation humaine de l'eau, qui provient presque entièrement des précipitations dans le cycle de l'eau. (GHISLAIN & BESBES, 2017). Outre son importance quantitative, l'eau souterraine possède de nombreuses autres caractéristiques naturelles et physiques qui en font une ressource importante pour le développement économique et social (VAESSEN, BRENTFÜHRER – BGR, 2015).

L'origine de l'eau souterraine est due à l'accumulation d'infiltrations dans le sol, qui varient selon la porosité et la structure géologique. Ils sont regroupés sur une seule nappe. (BEN CHEHBA, BEN HENNOUR, 2017)

## **1. Aquifères**

L'aquifère est une strate dont une partie est composée de substances perméables pouvant stocker de grandes quantités d'eau. En d'autres termes, le réservoir peut contenir de l'eau souterraine. La porosité et la structure de la terre déterminent le type d'aquifère et de circulation souterraine. Les aquifères sont constitués de divers matériaux : sables et graviers non consolidés, roches volcaniques et cristallines fracturées, roches sédimentaires perméables telles que les grès ou calcaires...etc (HADJ SAID, ALIOUI, 2020).

## **2. Nappes souterraines**

La nappe d'eau souterraine est toute l'eau contenue dans la zone saturée de l'aquifère, et toutes ses parties sont hydrauliquement continues (FOUCHE 2013).

L'eau des nappes souterraines sont généralement maintenues à une température assez constante, très proche de la température moyenne annuelle de la région (BOUZIANI 2000).

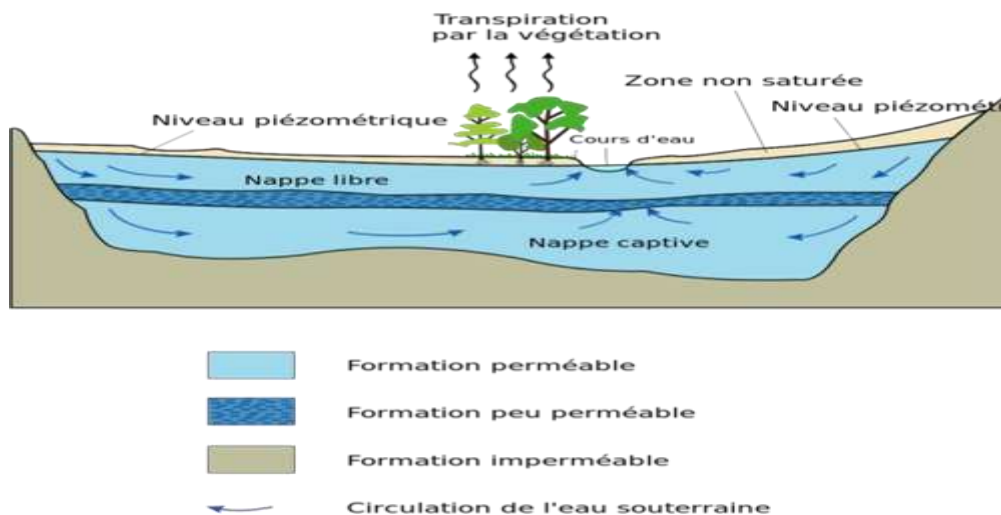
Selon la profondeur, nous relevons deux types de nappes : libre et captive.

➤ **Nappe libre**

Une nappe est dite libre lorsqu'elle n'est pas limitée par une couche imperméable supérieure et donc sa surface supérieure est libre de monter et de descendre. La nappe libre se situe jusqu'à 20 m de la surface de la terre, elle est la nappe la plus exposée aux différents types de pollution atmosphérique d'une façon directe ou indirecte (HADJ SAID, ALIOUI, 2020).

➤ **Nappe captive**

C'est la quantité d'eau souterraine qui est généralement sous pression supérieure à la pression atmosphérique car elle est isolée de la surface par une formation imperméable. Les nappes captives sont souvent profondes voire très profondes pouvant atteindre 1000 m et plus (Oil Eau, OFB, 2018).



**Figure 4 : Nappe libre et nappe captive d'un aquifère**

**I.2.3. Caractéristiques des eaux souterraines**

Les propriétés géologiques du terrain ont un effet décisif sur la composition chimique de l'eau retenue. L'eau est constamment stagnante ou en circulation et en contact avec le sol, établissant un équilibre entre la composition du sol et la composition de l'eau. L'eau circulant dans le sous-sol sableux est acide et légèrement minéralisée, et l'eau circulant dans le sol calcaire est du carbonate de calcium (BOUAROURENE, SADI 2016).

Les eaux souterraines se caractérisent par une bonne pureté bactériologique, une turbidité moindre, une composition chimique et une température constante et une teneur en oxygène presque nulle, d'où la réduction de la présence d'éléments indésirables (BOUAZZOUNI, HADJ ARAB (2016).

## **II. Paramètres de potabilité de l'eau**

L'une des tâches de la chimie de l'environnement est d'évaluer la qualité de l'eau destinée à la consommation et de procéder aux traitements dans le cas où celle-ci n'est pas potable (UWAMUNGU & JIANG, 2010).

Actuellement, la potabilité d'une eau est déterminée par plus de 60 paramètres. Généralement, on recherche la présence de chaque paramètre ainsi que la quantité de ce dernier dans l'eau selon une norme préalablement fixée.

### **II.1. Paramètres physico-chimiques**

#### **➤ Température**

Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on suppose que l'eau doit être rafraîchissante. Lorsque la température de l'eau naturelle est supérieure à 15°C, il existe un risque de croissance accélérée des micro-organismes et des algues, entraînant un goût et une odeur désagréables. Les variations saisonnières de température peuvent affecter les eaux, surtout lorsqu'elles sont superficielles (DUPONT, 1981).

#### **➤ Conductivité électrique**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes : la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement comme le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le bicarbonate, le sulfate et le chlorure. Plus l'eau est capable de conduire un courant électrique, plus la conductivité mesurée est élevée (REJSEK 2002), la conductivité s'exprime en Siemens par mètre.

#### **➤ Potentiel hydrogène (pH)**

Le pH d'une solution donnée correspond à la concentration en ions hydrogène et représente l'acidité ou l'alcalinité de la solution. Le pH de l'eau naturelle peut varier de 4 à 10, selon l'acidité ou l'alcalinité du terrain traversé (MEKAOUSSI 2014).

### ➤ Alcalinité

Dans l'eau, l'alcalinité est due principalement à la présence d'ions carbonate de  $\text{CO}_3^{2-}$  et d'ions hydrogencarbonate appelés très souvent ions bicarbonate de formule  $\text{HCO}_3^-$ . L'alcalinité d'une eau est dosée par un acide fort. Par convention, on exprime le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) en °F.

- Le TA d'une eau mesure, essentiellement, la concentration en ions carbonate
- Le TAC d'une eau mesure, essentiellement, la concentration en ions hydrogencarbonate (CHEIKH & Ali, 2021).

### ➤ Dureté

Le titre hydrotimétrique (TH) ou la dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques (alcalino-terreux), c'est-à-dire les ions calcium et les ions magnésium (RODIER et al, 2009).

Lorsqu'une eau est fortement chargée en ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) on dit qu'elle est « dure », dans le cas contraire, on dit qu'elle « douce ».



**Figure 5 : Echelle de la dureté de l'eau**

### ➤ Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension notamment colloïdales : argile, matières organiques, limon, grain de silice ... (RODIER et al, 2009) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau (HADJ SAID & ALIOUI, 2021). C'est un paramètre obligatoire pour l'analyse de la qualité de l'eau.

### ➤ Résidus secs à 105 °C

Le résidu sec correspond à la quantité des éléments minéraux et de la matière dissoute non volatiles exprimée en mg/L, contenue dans un litre d'eau recueillis par évaporation à une température de 105°C, il est déterminé par la relation suivante :

$$\text{Résidu sec} = (\sum \text{cations} + \sum \text{anions}) - \frac{1}{2}[\text{HCO}_3^-]$$

## II.2. Paramètres organoleptiques

### ➤ Couleur

Idéalement, l'eau potable doit être claire et incolore. Un changement de couleur de l'eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité. (YAHIAOUI & BOUDENNA, 2021).

### ➤ Goût et odeur

L'eau potable doit avoir un goût et une odeur non désagréables. La plupart des eaux, traitées ou non, ont une odeur et une saveur plus ou moins prononcée. Ces deux propriétés sont très subjectives, et aucun appareil ne peut les mesurer (YAHIAOUI & BOUDENNA, 2021). Les principaux éléments pouvant donner à l'eau une saveur désagréable sont le fer, le manganèse, le phénol et le chlore actif (BERRADIA & SERISSER, 2019).

## II.3. Minéralisation globale

### ➤ Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )

Le bicarbonate est une substance minérale (tout comme le sodium, le magnésium ou encore le calcium) présente dans l'eau à l'état naturel. L'eau peut contenir des quantités plus ou moins importantes de bicarbonate, selon le type de sol qu'elle traverse (infiltration) ou qu'elle traverse (ruissellement). Sans effet nocif pour la santé, le bicarbonate n'est soumis à aucune norme légale (HERIARIMIASINA & RANDRIANASOLO, 2018).

### ➤ Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium est un élément très commun dans la nature. On le trouve dans la plupart des eaux naturelles. Le calcium est connu pour son rôle important dans la croissance et le maintien des os. (MAIGA, 2005)

### ➤ Chlorures ( $\text{Cl}^-$ )

Les chlorures sont très répandus dans la nature sous forme de NaCl ou KCl ou  $\text{CaCl}_2$ , leurs teneurs dans les eaux naturelles vont de 10 à 20 mg/L mais peuvent atteindre des valeurs élevées en cas de contact avec certaines formations géologiques (BOUAROUREN & SADI, 2016).

Des concentrations élevées en chlorure peuvent affecter le goût et accélérer la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau, ce qui peut engendrer une augmentation des concentrations de certains métaux dans cette dernière (MAIGA, 2005).

➤ **Magnésium ( $Mg^{2+}$ )**

Le magnésium est le huitième élément naturel le plus abondant, constituant 2,5 % de la croûte terrestre. Toutes les eaux naturelles contiennent du magnésium, il contribue considérablement à leur dureté. Ses principales sources sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires (CANADA, 1978).

➤ **Potassium ( $K^+$ )**

Le potassium se trouve principalement dans les roches ignées et les argiles. Bien qu'il soit abondant, il est généralement peu concentré dans les eaux naturelles, qui s'explique par la faible mobilité des ions  $K^+$ . La teneur en potassium des eaux souterraines ne dépasse pas 10 mg/L (CHERY, 2006). Le potassium est un élément essentiel pour le corps humain, mais il joue un rôle important dans le système hydrique et est impliqué dans la fonction nerveuse. (BOUZOUANI & HADJ ARAB, 2016).

➤ **Sodium ( $Na^+$ )**

Le sodium est le plus abondant de tous les métaux alcalins, soit 2,6 % de la croûte terrestre, on le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sable, argile, évaporite), mais généralement peu présent dans les roches carbonatées

Habituellement, lorsque la teneur du sol en sodium (en suspension) est élevée, celle des eaux souterraines, des ruisseaux et des rivières l'est également (CANADA, 1992).

#### **II.4. Paramètres indésirables**

➤ **Aluminium ( $Al^{3+}$ )**

Il existe dans l'eau sous forme de sels solubles, de colloïdes ou de composés insolubles. L'aluminium s'infiltré dans le milieu aquatique par les rejets industriels, le lessivage des sols, l'érosion, la pollution due aux poussières atmosphériques (SOUCI & ACHOU, 2015).

Il peut aussi provenir des stations de traitements utilisant dans leurs processus de traitement du sulfate d'Alumine.

➤ **Fer (Fe<sup>2+</sup>)**

Le fer est le quatrième élément le plus abondant dans la croûte terrestre, sa présence est due au lessivage des terrains, aux rejets industriels ...etc (POTELON & ZYSMAN, 1998). Beaucoup d'eaux souterraines présentent un milieu réducteur et dans lesquelles le fer se trouve sous forme de fer ferreux et peut atteindre des teneurs élevées (RODIER & al, 2009).

➤ **Manganèse (Mn<sup>2+</sup>)**

Le manganèse est assez réparti dans la nature mais à des doses faibles (< 0.05 mg/L), il est susceptible de former une couche noire sur les canalisations et lorsque celle-ci se détache, elle donne un aspect peu engageant à l'eau. Du point de vue domestique, il présente un inconvénient même en quantités faibles (0.1 mg/L) (GASMI & REFICE, 2020).

**Remarque :** Ces deux éléments existent dans la plupart des eaux et sont généralement liés ; ils entraînent des conséquences similaires : formation de dépôts, goûts désagréables et prolifération bactérienne. Bien que nécessaire à la nutrition humaine, le fer et le manganèse ne doivent pas dépasser certaines teneurs 0,30 pour le fer et 50 pour le manganèse (YAHIAOUI & BOUDENNA, 2021).

## II.5. Paramètres de pollution

➤ **Ammonium**

L'eau contaminée par l'azote ammoniacal (NH<sub>3</sub> et NH<sup>4+</sup>) résultant de la biodégradation des protéines d'acides aminés de l'urée. Sa présence indique une pollution récente qui s'oxyde progressivement en nitrite puis en nitrate. La présence de grandes quantités d'ammonium est un signe de contamination par des déchets humains ou industriels. En fait, l'urine humaine et animale contient de grandes quantités d'ammonium qui sont rapidement converties en ammoniacale (MEKAOUISSI, 2014).

➤ **Matières organiques**

La matière organique résulte des activités humaines (agricoles, urbaines...) et des métabolismes des organismes vivants. Sa présence dans une eau indique une contamination bactériologique, elle favorise la prolifération de certains organismes tels que les algues et les

champignons. La pollution de l'eau par la matière organique engendre un goût désagréable et une couleur non transparente (HADJ SAID & ALIOUI, 2021).

➤ **Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

Les nitrates sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau (AYACHI & YAMOUN, 2019). Ils sont abondamment répandus dans le sol, dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux (SOUCI & ACHOUI, 2015).

L'altération des eaux par les nitrates pourrait avoir comme origine les rejets ponctuels et dispersés des produits d'élevage et aux eaux usées qui n'ont fait objet d'aucun traitement au préalable (BEN HIDA & al, 2012).

➤ **Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes mais en quantités relativement faibles, Ils résultent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau contenant des nitrites est considérée comme suspecte car leurs présences est signe d'une détérioration de la qualité bactériologique (SOUCI & ACHOUI, 2015).

➤ **Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**

Le phosphore est un nutriment essentiel au développement des organismes aquatiques photosynthétiques qui constituent le premier maillon de la chaîne trophique. Dans le milieu aquatique, le phosphore est essentiellement présent sous forme particulaire associé aux colloïdes et aux cations, mais il est également sous forme soluble (HADDAD & GHOUALEM, 2014).

## **II.6. Paramètres bactériologiques**

➤ **Germes indicateurs de pollution fécale**

Il s'agit des organismes présents dans les excréments humains ou animaux. En général, les indicateurs microbiens eux-mêmes ne sont pas pathogènes chez l'humain. Ce sont les genres et espèces de bactéries dont la présence dans l'eau ne présente pas en soi un risque pour la santé de la population, mais indique l'importance de la pollution biologique de l'eau (Santé Canada, 2006) .

Leur détection et leur détermination nous renseigne sur un risque de contamination fécale (humaine ou animale) de la masse d'eau ou du réseau de distribution faisant l'objet du contrôle et, par conséquent, la présence possible d'agents pathogènes (GOITA, 2013). On y distingue :

➤ **Les coliformes totaux**

Les coliformes sont des micro-organismes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae que l'on retrouve partout dans notre environnement, dans notre corps, et dans tous les êtres vivants. Tous ces coliformes sont appelés coliformes totaux (RODIER, 2009).

Les coliformes sont des organismes anaérobies facultatifs en forme de bâtonnets, non sporulants, Gram-négatifs, oxydase-négatifs, capables de fermenter le lactose et de produire des gaz à des températures comprises entre 36°C et 37°C en 24 à 48 heures. On les retrouve dans les matières fécales, mais aussi dans le milieu naturel (BABOU & M'ZYENE, 2018).

➤ **Les coliformes thermotolérants (*Escherichia coli*)**

La bactérie *Escherichia coli* appartient au groupe des coliformes totaux et constitue le seul membre de ce groupe que l'on trouve exclusivement dans les matières fécales des humains et des animaux. C'est l'indicateur d'agents entéropathogènes le plus fiable, et donc le meilleur moyen pour la détection d'une contamination fécale récente dans les réseaux d'eau potable.

➤ **Streptocoques fécaux**

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de LanceField. Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, Gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37 °C et ils possèdent le caractère homofermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz (DJAD, 2015).

➤ ***Clostridium sulfito-réducteur***

Ce sont des bactéries anaérobies strictes, sporulantes, sulfito-réductrices et considérées comme témoin de pollution fécale. La forme sporulée, beaucoup plus résistante que la forme végétative, permet de déceler une pollution fécale ancienne (IDRES 2020).

Les clostridiens sulfito-réducteurs (CSR) sont pratiquement toujours présents dans les rivières et le sol. Leur absence dans une nappe sous-jacente, et surtout l'absence de leurs spores, constituent un bon signe de l'efficacité de filtration naturelle (RODIER et al, 2005).

### **III. Pollution de l'eau**

Le développement de l'industrie, les problèmes de la pollution de l'eau ont évolué à l'échelle régionale, puis continentale, et maintenant mondiale. De grandes quantités d'eau sont polluées par l'utilisation industrielle, agricole ou domestique de l'eau. Combattre cette pollution est plus difficile car elle est diluée dans l'eau, souvent invisible, certains éléments toxiques qui s'infiltrent dans le sol n'ont souvent que des effets à long terme, et de nombreux polluants agissent en synergies complexes (BELHADJ, 2017).

### **IV. Maladies liées à l'eau**

L'eau est une ressource naturelle vitale pour la vie, et c'est aussi directement ou indirectement la principale cause de maladie et de décès dans le monde. Les maladies liées à l'eau sont une tragédie humaine, tuant chaque année plus de 2 millions de personnes dans le monde. (Croix rouge espagnole, 2018. Le tableau ci-dessous montre les principales maladies liées à l'eau classées selon leurs voies de transmission.

**Tableau 1 : Principales maladies à transmissions hydriques (Croix rouge espagnole, 2018).**

Voie de transmission	Maladies	Agents causals	Symptômes
<b>Consommation d'une eau, ou d'un aliment contaminé</b>	Dysenteries	bactérie	Douleur abdominales, diarrhée sanglante
	Cholera	bactérie	Diarrhée fréquente et abondante, vomissement, déshydratation très rapide et grave
	Hépatite A	virus	Infection du foie qui se caractérise par un jaunissement de la peau et des yeux, des urines foncées
	Typhoïde	bactérie	Forte fièvre, douleur abdominales, céphalées, constipation ou diarrhée
	Polio	virus	Paralysie des membres
	Ascaridiose	vers	Blocage intestinale, douleur abdominales toux, fièvre, respiration sifflante
	Draconculose	vers	La larve ressort une année après sous forme d'un long ver blanc au niveau des chevilles
<b>Par pénétration cutanée</b>	Draconculose (ver de Guinée)	vers	La larve ressort une année après sous forme d'un long ver blanc au niveau des chevilles
	Bilharziose	vers	Fièvre, maux de tête, troubles intestinaux, difficultés à uriner
	Ankylostomiase	vers	Maux de ventre, Anémie
<b>Par l'intermédiaire d'un vecteur évoluant dans une eau contaminée</b>	Dengue	Virus (transmis par la pique d'un moustique)	Fièvre hémorragique, éruption cutanée semblable à celle de la rougeole
	Paludisme	Plasmodium (transmis par la pique d'un moustique)	Forte fièvre, des frissons, céphalées
	Onchocercose (cécité de rivière)	Ver (transmis par la pique d'une mouche)	Trouble oculaire, cécité

## V. Impact de la pollution de l'eau sur la santé et l'environnement

Des évaluations récentes indiquent que les principaux polluants de l'eau proviennent des eaux usées, les nutriments, les métaux toxiques émis par les industries actives, en particulier les installations minières abandonnées, et les produits chimiques utilisés dans l'industrie et l'agriculture (BELHADJ, 2017).

**Tableau 2 : Effet de différents polluants sur la santé humaine et l'environnement  
(ASEF, 2010)**

Polluants	Effets environnementaux	Effets sanitaires
<b>Les matières en suspension</b>	Eaux plus troubles : perturbe-la Photosynthèse, la respiration des poissons et colmate les milieux aquatiques	- Transportent des polluants ; ce qui augmente les risques d'absorption de substances toxiques par l'organisme
<b>Pollution organique</b>	- Asphyxie du milieu par consommation de l'oxygène dissous, mort des poissons - Stimulation de la production végétale (eutrophisation) et accumulation de boues - Faiblement biodégradable	- Favorise le développement d'organismes pathogènes pour l'Homme
<b>Azote (nitrates, nitrites), Phosphore</b>	- Eutrophisation des milieux aquatiques par excès de matières nutritives pour les végétaux (algues) et conduisant à l'asphyxie des milieux - Toxicité de l'ammoniaque et des nitrites pour la faune aquatique	- Nitrates : empoisonnement du sang chez les nourrissons par blocage de l'hémoglobine interdisant le transport de l'oxygène (maladie bleue) - Nitrites : cancers à long terme chez les adultes (même à faible concentration) si associés à certains pesticides
<b>Métaux</b>	Non biodégradables, bioaccumulables	- Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés - Arsenic, Nickel et Chrome sont également considérés comme cancérogènes
<b>Pesticides</b>	-Substances très dangereuses pour les milieux aquatiques - Polluants organiques persistants - S'adsorbent sur les matières en suspension et s'accumulent dans certains compartiments (sédiments, matières organiques, chaîne alimentaire)	- Les plus toxiques : les insecticides - Effets reprotoxiques (malformations, stérilité, troubles de la reproduction), mutagènes et cancérogènes

## VI. Traitement

La désinfection revêt une importance indéniable dans la sécurité sanitaire des approvisionnements en eau potable. (OMS, 2017)

La désinfection de l'eau destinée à la consommation humaine est définie comme opérations visant à détruire ou à inactiver les micro-organismes pathogènes pour l'homme jusqu'à ce qu'un certain niveau de sécurité microbiologique soit atteint. Par conséquent, la désinfection ne correspond pas à une stérilisation au sens strict, car l'eau stérilisée peut toujours contenir certaines bactéries courantes. (HADJ SAID & ALIOUI, 2021)

Le chlore était et est toujours le désinfectant universel le plus utilisé dans la plupart des pays (80% des désinfectants mondiaux), Les avantages du chlore dans les entrepôts de désinfection proviennent principalement des faits suivants Il est facilement disponible, durable, peu onéreux, facile à manipuler et à mesurer (HADJ SAID & ALIOUI, 2021). Cependant, l'un des inconvénients principal de la chloration des eaux est qu'elle peut engendrer des sous-produits jugés nocifs sur le plan sanitaire.

Dans notre étude, on utilisera des moyens de désinfection qui respectent l'environnement, peu ou pas onéreux notamment l'ébullition.

### 1. Désinfection physique

#### ➤ Désinfection solaire (méthode SODIS)

La désinfection solaire de l'eau – méthode SODIS – consiste simplement à désinfecter à eau contaminée en la versant dans des bouteilles en PET incolores ou en verre qu'on exposera par la suite au soleil pendant six heures. Les rayons UV du soleil détruisent alors la plupart des germes pathogènes. Efficace, simple et pas chère, cette méthode de désinfection ne traite néanmoins que de faibles volumes et pour une durée minimale de 6heures (si le temps est ensoleillé). (FISC, 2010)

**Tableau 3 : Avantages et inconvénients de la désinfection solaire (méthode SODIS)**

Avantages	Inconvénients
Elle tuera la plupart des germes pathogènes si l'eau est exposée au soleil suffisamment longtemps	Elle n'a pas d'effet durable. Par conséquent, si l'eau n'est pas stockée de façon appropriée elle peut être à nouveau contaminée
Elle peut être effectuée par les personnes elles-mêmes avec des matériaux courants (bouteilles ou sacs en plastique transparents)	La désinfection solaire est plus lente que les autres méthodes et il faut que le temps soit ensoleillé.

### ➤ Désinfection Ultraviolet

Les lampes ultraviolets utilisées en traitement des eaux émettent une énergie d'irradiation d'une longueur d'onde de 254 nm ayant pouvoir biocide. Les UV de type C détruisent le métabolisme des cellules en éradiquant les germes. (JUERY, 2004)

**Tableau 4 : Avantages et inconvénients de la désinfection Ultraviolet**

Avantages	Inconvénients
Le traitement ne laisse aucun dérivé dans l'eau et il n'y a pas de stockage de produit chimique	L'eau doit être consommée directement après traitement
Bon système, économique à l'investissement et à l'utilisation	Les particules dans l'eau stoppent les rayons Uv et diminuent l'efficacité du traitement

### ➤ Désinfection par ébullition

L'ébullition est une méthode traditionnelle de traitement de l'eau. Cette méthode, si elle est utilisée correctement, permet de fournir de l'eau potable. L'ébullition n'est efficace que si la température est assez élevée. L'eau qui dégage simplement de la vapeur n'a pas été bouillie. Pour que le procédé fonctionne, il faut faire *bouillir l'eau à gros bouillons*.

La durée de l'ébullition est définie comme suit :

- À basse altitude, *une minute à gros bouillons*.
- À haute altitude, *trois minutes à gros bouillons*. (FISC, 2010)

**Remarque :** Après ébullition, l'eau aura un goût fade. On peut y remédier en secouant l'eau dans une bouteille ou en y ajoutant une pincée de sel par litre d'eau bouillie. (FISC, 2010)

**Tableau 5 : Avantages et inconvénients de la désinfection par ébullition.**

Avantages	Inconvénients
Une méthode qui est sans danger pour les humains et l'environnement	Après ébullition l'eau aura un goût fade
L'ébullition tuera tous les germes pathogènes	L'ébullition ne rendra pas l'eau moins trouble

## 2. Désinfection chimique

### ➤ La désinfection par chloration

Le chlore était et est toujours le désinfectant universel le plus utilisé dans la plupart des pays (80% des désinfectants mondiaux), Les avantages du chlore dans les entrepôts de désinfection proviennent principalement des faits suivants : Il est facilement disponible, durable, peu onéreux, facile à manipuler et à mesurer (HADJ SAID & ALIOUI, 2021). Cependant, l'un des inconvénients principal de la chloration des eaux est qu'elle peut engendrer des sous- produits jugés nocifs sur le plan sanitaire.

**Tableau 6 : Avantages et inconvénients de la désinfection par chloration**

Avantages	Inconvénients
Traitement rapide, peu coûteux et simple à manipuler	La chloration peut créer des sous-produits jugés nocifs sur le plan sanitaire

### ➤ Désinfection par l'ozone

L'ozone est une molécule composée de trois atomes d'oxygène. Sa grande capacité de désinfection la rend plus efficace que le chlore en pouvant désactiver de micro-organismes résistants, éliminer la matière organique et inorganique ainsi que les goûts et les odeurs.(RIBONI & ROBERT, 2001)

**Tableau 7 : Avantages et inconvénients de la désinfection par l'ozone**

Avantages	Inconvénients
L'ozone se décompose en oxygène, sans laisser de produits dérivés dans l'eau	La production d'ozone consomme de l'énergie et demande un investissement de départ importants
L'ozone est produit sur place (pas de transport de produits toxiques ni de consommable à changer régulièrement	Certains matériaux ne sont pas résistants à l'ozone

La présente étude a permis de suivre l'évolution des paramètres physico-chimique et bactériologique de l'eau de source ciblée, après stockage et traitement.

L'analyse de ces paramètres a été réalisée au sein des organismes suivants :

- Algérienne des eaux- ADE
- Société des eaux et de l'assainissement d'Alger- SEAAL

## **I. Présentation des organismes**

### **I.1 Algérienne des Eaux ADE**

Créée par décret du 21 avril 2001, l'ADE est un établissement public national à caractère industriel et commercial sous la tutelle du ministère chargé des ressources en eau (MRE) (Oieau, 2013).

Les unités de production et de distribution disposent chacune d'un laboratoire d'analyses :

- physico-chimique ;
- bactériologique.

L'organisme assure l'approvisionnement et la potabilité de l'eau aux citoyens.

### **I.2 Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger SEAAL**

La société des eaux et d'assainissement d'Alger (SEAAL) est une société publique par action, détenue à 70 % par algérienne des eaux (ADE) et à 30 % par l'office national de l'assainissement (ONA). Les missions principales de SEAAL sont, la production et l'approvisionnement en eau potable des provinces d'Alger et de Tipaza, ainsi que la collecte et le traitement des eaux usées de ces deux régions. À ce titre, il dessert 3,8 millions d'habitants, soit environ 10 % de la population du pays (Site officiel de la SEAAL).

## **II. Présentation de la source**

La source cible est nommée « THALA N'TAZART », se trouve à une hauteur de plus de 700m du niveau de la mer. Elle est située à 47 Km au sud-est du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou, commune d'Iboudraren, daïra d'Ath Yenni (Fig.5).

La source « THALA N'TAZART » est choisie par la cheffe du laboratoire de l'organisme ADE. Ce choix a été effectué par rapport à leur plan de travail.

Plusieurs échantillons ont été prélevés de la source « THALA N'TAZART », afin de réaliser des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

- Initiales
- Après stockage
- Après traitement



**Figure 6 :** Situation géographique de la source « THALA N'TAZART »

### III Echantillonnage de l'eau

L'échantillonnage de l'eau est une opération délicate et doit être manipulé avec une extrême prudence. Il détermine les résultats de l'analyse et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau. (RODIER et al, 2009).

#### III.1 Echantillonnage pour les analyses initiales

Les échantillons d'eau brute sont pris dans des bouteilles d'eau résistantes en verre BORO 3.3, de capacité 1000 mL pour les analyses physico-chimiques. Après avoir laissé l'eau couler pendant quelques minutes, les bouteilles sont rincées plusieurs fois avec l'eau à analyser et remplies totalement pour éviter l'apparition des bulles d'air à l'intérieur.

Pour les analyses bactériologiques, des bouteilles en verre du même type que celles des analyses physico-chimiques ont été utilisées d'un volume de 500 mL, pour récupérer l'échantillon à analyser. Ces bouteilles doivent être lavées avec un détergeant et de l'eau de Javel, rincées à l'eau et à l'eau distillée puis séchées et stérilisées.

L'eau doit pouvoir s'écouler environ 5 minutes avant le prélèvement, puis l'environnement et la tuyauterie doivent être stérilisés pendant au moins 3 minutes avec un coton imbibé d'éthanol à 90 % ou la flamme d'un chalumeau. Ensuite, le goulot de la bouteille est à son tour stérilisé avant et après le remplissage. Seuls les 3/4 du flacon sont remplis pour maintenir en vie les bactéries aérobies et assurer leur agitation avant analyse.

### III.2 Transport des échantillons

Les prélèvements ont été acheminés vers le laboratoire dans des glacières à températures comprises entre 4 °C et 6 °C, où les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été réalisées.

L'analyse bactériologique est effectuée pendant un laps de temps ne dépassant pas les 8 heures après le prélèvement pour qu'il n'y ait pas de variation de la population bactérienne. Les échantillons pour les différentes caractérisations sont étiquetés selon le tableau 3.

**Tableau 8 :** Etiquetage des échantillons de l'eau de source « THALA N'TAZART »

Type d'analyse	Date /Heure
Physico-chimiques	07/06/2022 à 9 h 35
Bactériologiques	07/06/2022 à 9 h 30

### III.3 Stockage de l'eau de source

Le prélèvement de l'eau pour le stockage a été réalisé dans les mêmes conditions que celles des échantillons destinés aux analyses initiales. Le stockage de l'eau a été effectué à domicile dans des bidons en plastique de capacité 20 L et des bouteilles d'eau résistantes en verre BORO 3.3 pour une durée de 13 jours.

## IV. Méthodes analytiques

Plusieurs instruments et méthodes analytiques ont été utilisés, afin de réaliser les analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de source « THALA N'TAZART », avant et après stockage et traitement.

#### IV. 1 Analyses physico-chimiques

##### ➤ Mesure du potentiel hydrogène

La mesure du pH est effectuée sur les prélèvements d'eau selon la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre relié à une électrode en verre, étalonné avec deux solutions étalons de pH = 7 et pH = 4. L'électrode est immergée dans l'eau à analyser et la lecture se fait sur l'enregistreur électronique une fois stabilisé.

##### ➤ Mesure de la turbidité

La mesure de la turbidité est effectuée à l'aide d'un turbidimètre selon la méthode néphélométrique et ce, en versant une quantité d'eau à analyser dans une cuve en verre introduite dans l'appareil et la lecture se fait sur l'enregistreur électronique une fois stabilisé. Les résultats donnés sont exprimés en NTU.

##### ➤ Mesure de la conductivité

La conductivité est effectuée à l'aide d'un conductimètre relié à une électrode en platine qui sera complètement immergée dans l'eau à analyser après agitation, pour assurer l'uniformité de la concentration et éviter l'apparition des bulles d'air autour de l'électrode. Les résultats donnés sont généralement exprimés en  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

#### IV.2 Analyse de minéralisation globale

##### ➤ Mesure de l'alcalinité

L'alcalinité de l'eau à analyser est déterminée par la mesure du titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC), le volume de l'échantillon requis pour cette analyse est de 100 mL.

- **Détermination du titre alcalimétrique (TA)**

Une à deux gouttes de solution phénolphthaléine sont ajoutés au volume  $V=100$  mL de l'eau à analyser. En absence d'une coloration rose, le TA est généralement nul, ce cas est rencontré lors de l'analyse des eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8,3. Dans le cas contraire, un dosage à l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) doit être effectué jusqu'au point équivalent (neutralisation).

Il est important de noter le volume ( $V_1$ ) de l'acide sulfurique versé pour l'obtention de la décoloration, et le TA sera calculé suivant cette relation :

$$\text{TA (mg/L)} = \frac{(\text{V}_1 \times \text{N}_{\text{H}_2\text{SO}_4}) \times \text{Masse molaire}_{\text{CO}_3^{2-}}}{\text{V}} \times 1000$$

- Avec  $\text{V}_1$  : Volume de l'acide sulfurique versé en mL  
 $\text{N}$  : Normalité de l'acide sulfurique (25)  
 $\text{CO}_3^{2-}$  : Carbonates  
 $\text{V}$  : Volume de l'échantillon d'eau à analyser en mL

• **Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)**

En absence de coloration rose dans l'échantillon précédent ( $\text{TA}=0$ ), deux gouttes de solution méthylorange sont ajoutées au volume  $\text{V}=100$  mL d'eau à analyser, un nouveau titrage avec de l'acide sulfurique sera effectué jusqu'au virage du jaune ou jaune orangé aux alentours d'un  $\text{pH} = 4,3$ , il est recommandé de s'assurer qu'une goutte d'acide en excès provoquera le changement de couleur du jaune orangé au rose orangé aux alentours d'un  $\text{pH} = 4$ .

Le volume  $\text{V}_2$  d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) versé est noté, le TAC sera calculé suivant cette relation :

$$\text{TAC(mg/L)} = \frac{(\text{V}_2 \times \text{N}_{\text{H}_2\text{SO}_4})}{\text{V}} \times 1000 \times \text{Masse molaire}_{(\text{HCO}_3^-)}$$

- Avec  $\text{V}_2$  : Volume d'acide sulfurique en mL  
 $\text{N}$  : Normalité de l'acide sulfurique : 25  
 $\text{V}$  : Volume d'échantillon d'eau à analyser en mL  
 $\text{HCO}_3^-$  : Bicarbonates

• **Détermination des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )**

Les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) sont estimés à partir du TA et TAC, si :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{TA}=0 ; \text{HCO}_3 = \text{TAC} * 12,2 \\ \text{TA} = \text{TAC}/2 ; \text{HCO}_3 = (\text{TAC}-2 \text{TA}) * 12,2 \\ \text{TA} = \text{TAC}/2 ; \text{HCO}_3^- = 0 \\ \text{TA} = \text{TAC}/2 ; \text{HCO}_3^- = 0 \\ \text{TA} = \text{TAC} ; \text{HCO}_3^- = 0 \end{array} \right.$$

➤ **Mesure de la dureté (Titre Hydrotimétrique)**

La dureté de l'eau à analyser est effectuée par la méthode du titrage complexométrique sur un échantillon de  $\text{V} = 50$  mL, les alcalino-terreux notamment le calcium  $\text{Ca}^{2+}$  et le magnésium

Mg<sup>2+</sup> présents dans l'eau sont amenés à former des complexes par le sel disodique de l'acide ethylèndiamine tétracétique (EDTA).

A ces 5 mL d'eau à analyser sont ajoutés 4 mL de la solution tampon et quelques gouttes de l'indicateur coloré nommé le mordant noir (noir eriochrome) (rose), le mélange reste sous agitation tout au long du titrage avec l'EDTA jusqu'au virage du mélange (violet ou bleu).

Le volume V<sub>1</sub> de l'EDTA versé jusqu'à obtention du virage est noté, la teneur globale en calcium et magnésium est déterminée par l'équation suivante :

$$\text{TH (mg/L)} = C_{\text{EDTA}} \times \frac{V_1}{V}$$

Avec : C<sub>EDTA</sub> (mol/L): Concentration de la solution EDTA

V<sub>1</sub> : Volume de la solution EDTA versé en mL

V : Volume d'échantillon d'eau à analyser en mL

- **Dosage du calcium**

Le calcium présent dans l'eau à analyser est dosé par titrage avec l'EDTA à 12 < pH < 13, l'indicateur utilisé est le HSN de formule chimique (C<sub>21</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>O<sub>7</sub> S 3H<sub>2</sub>O) et le NaOH.

Aux 50 mL d'échantillon d'eau à analyser sont ajoutés 2 mL de la solution d'hydroxyde de sodium et une quantité de l'indicateur coloré HSN, le titrage est effectué avec l'EDTA jusqu'au point équivalent où il y aura un changement de couleur (rose), le V<sub>1</sub> de l'EDTA versé est noté, et la teneur en calcium est donnée par cette relation :

$$[\text{Ca}](\text{mg/L}) = \frac{C_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}} \times \text{Masse atomique}_{\text{Ca}}}{V} \times 1000$$

Avec C<sub>EDTA</sub> : Concentration de la solution EDTA en mol/L

V<sub>EDTA</sub> : Volume de l'EDTA versé en mL

V : Volume d'échantillon d'eau à analyser en mL

La masse atomique du calcium est de 40,08 g

- **Détermination du magnésium**

La teneur en magnésium dans l'eau à analyser est déduite par la relation suivante :

$$[\text{Mg}^{2+}] \text{ mg/L} = [\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}] - [\text{Ca}^{2+}]$$

Avec [Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup>] : Teneur globale en calcium et en magnésium en mg/L

➤ **Dosage des chlorures**

Les ions chlorures présents dans l'eau à analyser sont dosés en milieu neutre par une solution de nitrates d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) en présence du chromate de potassium, pour assurer la précipitation durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5, le titrage s'arrête dès l'apparition de la couleur rouge propre au chromate d'argent.

Aux 100 mL d'échantillon d'eau à analyser est ajouté 1mL de chromate de potassium (couleur jaune), le titrage se fait avec une solution de nitrate d'argent et il s'arrête dès l'apparition de la couleur rouge, le volume de la solution nitrate d'argent  $V_1$  est noté et la concentration des ions chlorures est donnée par la relation suivante :

$$[\text{Cl}](\text{mg/L}) = V_{\text{AgNO}_3} \times 71 \times F$$

Avec :  $V_{\text{AgNO}_3}$ : Volume de nitrate d'argent versé en ml

$$F : \text{Facteur de correction d'AgNO}_3 \quad F = \frac{1}{V'_{\text{AgNO}_3}}$$

$V_{\text{AgNO}_3}$  : Volume de nitrate d'argent nécessaire pour doser 5ml d'une solution mère à 71mg/L en présence d'indicateur coloré.

➤ **Dosage du sodium et potassium**

Le dosage du sodium et du potassium présents dans l'eau à analyser est réalisé par la méthode du spectromètre d'émission de flamme. Suite à la pulvérisation par la flamme l'eau à analyser s'évapore, les sels et leurs produits de décomposition sont dissociés à l'état d'atomes ou de radicaux c'est l'état d'excitation. Leur retour à l'état fondamental, génère une émission de radiation de fréquence propre à l'élément mis en solution et dont l'intensité est en fonction de la concentration de ce dernier, les concentrations seront donc affichées en mg/L par le spectromètre (RODIER et al, 2009).

- Une solution de 10 mg/L de potassium est préparée préalablement qu'on appellera solution mère (Voir annexe 13), ensuite une solution de 10 mg/L de KCl qu'on appellera solution fille ou encore témoin est faite passée trois fois à travers le spectrophotomètre à flamme, une fois la valeur 10 affichée, l'échantillon d'eau à analyser est passé à son tour au spectrophotomètre à flamme.

Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/L, il est nécessaire de diluer l'échantillon.

- Une solution de 10mg/l de sodium est préparée préalablement qu'on nommera solution mère (voir annexe 14), ensuite une solution de 10 mg/L de NaCl qu'on

nommera solution fille ou encore témoin est faite passée trois fois à travers le spectrophotomètre à flamme, une fois la valeur 10 affichée, l'échantillon d'eau à analyser est passé à son tour au spectrophotomètre à flamme.

Si la concentration en sodium dépasse 10mg/L, il est nécessaire de diluer l'échantillon.

#### IV.2. Analyses des paramètres de pollution

Les paramètres de pollution tels que l'ammonium, les nitrites, les nitrates, les phosphates et les matières organiques présents dans l'eau à analyser sont déterminés par la spectrométrie d'absorption, la concentration de chaque élément est directement affiché sur l'écran du spectromètre en mg/L à la longueur d'onde propre à chacun.

##### ➤ Dosage de l'ammonium

Aux 40 mL d'échantillon d'eau à analyser sont ajoutés 4mL de réactif coloré dans une fiole et après agitation, une coloration jaune apparaît. Ensuite 4ml de solution de dichloroisocyanurate de sodium sont ajoutés au mélange, ce dernier est ajusté au trait de jauge avec de l'eau distillée. Après un temps de contact allant de 10mn à 1 Heure, le mélange est analysé au spectrophotomètre UV-Visible à une longueur d'onde  $\lambda = 655$  nm. La concentration en ammonium est donnée en mg/L.

##### ➤ Dosage des phosphates

Le principe est de former un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium en milieu acide, il y aura ensuite réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm, l'autre plus important à 880 nm).

2 mL du réactif mélange et 1ml de l'acide ascorbique sont ajoutés à un volume de 40ml d'eau à analyser dans une fiole qui sera ajustée au trait de jauge avec l'eau distillée, après un temps de contact d'environ 20 mn, le mélange est analysé au spectrophotomètre UV-Visible.

(L'apparition d'une coloration bleue indique la présence des ions phosphates)

A une longueur d'onde  $\lambda = 700$  nm voire 800 nm, la concentration en phosphore est donnée en mg/L.

Le passage de la concentration en phosphore vers la concentration en phosphate est donné par la relation suivante :

$$[\text{PO}_4^{3-}] = [\text{P}] * 3,06$$

➤ **Dosage des nitrates**

Le principe étant de donner lieu à une réaction des nitrates avec le diméthyle 2,6 phénols en présence d'un mélange d'acide sulfurique et phosphorique qui permet de produire le complexe nitro-4 diméthyle-2,6 phénol.

Aux 5 mL d'échantillon d'eau à analyser sont ajoutés 35mL du réactif mélange et 5 mL de la solution diméthyle 2-6 phénol dans une fiole ajustée au trait de jauge avec de l'eau distillée, le tout est soigneusement mélangé en procédant à des mouvements circulaires, après un temps de contact allant de 10 à 60 mn, ce dernier est analysé au spectrophotomètre UV-Visible.

A une longueur d'onde  $\lambda = 324$  nm, la concentration des nitrates est donnée en mg/L.

Le passage de la concentration en azote nitrate vers la concentration en nitrate est déterminée par l'équation suivante :

$$[\text{NO}_3^-] = [\text{NO}_3^- - \text{N}] * 4,427$$

➤ **Dosage des nitrites**

Aux 40 mL d'échantillon d'eau à analyser est ajouté 1ml du réactif des nitrites dans une fiole qui est ajustée au trait de jauge avec l'eau distillée, après un temps de contact allant de 10 à 60mn, le mélange est analysé au spectrophotomètre UV-Visible.

L'apparition d'une couleur rose après le temps de contact des réactifs indique la présence de nitrites.

A une longueur d'onde  $\lambda = 540$  nm, la concentration des nitrites est donnée en mg/L.

➤ **Dosage des matières organiques**

Sous la hotte, on ajoute 20 mL d'acide sulfurique à 100 mL d'échantillon d'eau à analyser, le mélange est sous agitation et est porté à ébullition, ensuite 20 mL de la solution permanganate de potassium sont ajoutés, le but étant de fixer la matière organique. Après 10 mn d'ébullition, 20 mL d'oxalate de sodium sont ajoutés au mélange.

Le titrage avec  $\text{KMnO}_4$  est effectué jusqu'à l'apparition d'une couleur rose et la lecture se fait au spectrophotomètre UV-Visible. La concentration en matière organique est donnée en mg/L.

### IV.3. Analyses des paramètres indésirables

#### ➤ Dosage de l'Aluminium

Le dosage de l'Aluminium est effectué sur 20 mL d'échantillon d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50 mL, 0,5 mL du réactif R<sub>1</sub>, 1mL du réactif R<sub>2</sub>, 1mL du réactif R<sub>3</sub>, 10 mL du réactif R<sub>4</sub> et 5 mL du réactif R<sub>5</sub> sont ajoutés à l'échantillon et le volume est ajusté au trait de jauge avec de l'eau distillée.

Après un temps de contact d'environ 15 mn, le mélange est analysé au spectrophotomètre UV-Visible, à une longueur d'onde  $\lambda = 535$  nm, la concentration en aluminium est donnée en mg/L.

R<sub>1</sub> : Thiosulfate de sodium

R<sub>2</sub> : Acide ascorbique

R<sub>3</sub> : Acide sulfurique

R<sub>4</sub> : Solution tampon

R<sub>5</sub> : Réactif coloré

#### ➤ Dosage du fer

Le dosage du fer est effectué sur 50ml d'échantillon d'eau à analyser dans une fiole jaugée, on y ajoute 1ml de la solution Chlorhydrate hydroxylamine (en procédant à une agitation en mouvement circulaire), 2 mL de la solution phénantroline et 2 mL du réactif coloré sans ajustement au trait de jauge.

Après un temps de contact allant de 15 à 20 mn, le mélange est analysé au spectrophotomètre UV-Visible.

L'apparition d'une couleur rouge brique indique la présence du fer

A une longueur d'onde  $\lambda = 510$  nm, la concentration du fer est donnée en mg/L

#### ➤ Dosage du manganèse

Le dosage du manganèse se fait sous la hotte sur 20 mL d'échantillon d'eau à analyser en ajoutant 1ml du réactif A et 1ml du réactif B, après 2 mn, on y ajoute 1ml du réactif C, après un temps de contact de 5mn, le mélange est analysé au spectrophotomètre UV-Visible.

Réactif A : Cyanure de potassium, 18% d'ammoniaque

Réactif B : Para-aldéhyde formique, chlorhydrate d'hydroxylamine

Réactif C : chlorhydrate d'hydroxylamine

## IV. 2. Analyses bactériologiques

### IV.2.1. Méthode de dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La méthode utilisée pour le dénombrement des coliformes totaux et fécaux est la filtration sur membrane selon la norme ISO 9308-1 : 2014

Cette méthode est applicable aux eaux à faible teneur en bactéries qui produiront moins de 100 colonies totales sur gélose chromogène pour le dénombrement des bactéries coliformes.

Notre étude s'est basée sur la recherche et le dénombrement des trois bactéries suivantes :

- Coliformes totaux
- Escherichia Coli (E-Coli)
- Streptocoques fécaux
- Anaérobies Sulfito-Réductrices (ASR)

Test à l'oxydase :

- Positive, coloration bleue
- Négative, aucune coloration

#### ➤ Déroulement de la filtration

Une prise d'essai de 100 mL d'échantillon à analyser est introduite dans l'entonnoir de la membrane qui auparavant a été stérilisé à l'aide d'un bec bunsen pour à la fois le refroidir et faire passer l'eau à analyser à travers un filtre de porosité 0,45  $\mu\text{m}$  qui a été déposé sur la partie inférieure de l'entonnoir à l'aide d'une pince également stérilisée.

La pompe à vide reliée à la membrane est activée pour qu'elle puisse aspirer l'eau, le filtre est ensuite transféré aseptiquement dans une boîte de pétri de gélose rapide Coli (RC) qui sera incubée à 37 °C pendant  $24 \pm 4$  heures.

Après la période d'incubation, on compte les colonies positives pour la  $\beta$ -D-galactosidase et la  $\beta$ -D-glucuronidase (couleur bleu foncé à violet) en tant qu'E-coli ainsi que les colonies présentant une réaction  $\beta$ -D-galactosidase positive (couleur rose à rouge) en tant que bactéries coliformes présomptives qui ne sont pas des E-Coli.

➤ **Dénombrement et confirmation**

Pour confirmer les bactéries coliformes présomptives qui ne sont pas des E-Coli, un essai de recherche de l'Oxydase doit être effectué en imbibant un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer à l'aide d'une pipette stérile la colonie.

Toutes les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont des bactéries coliformes.

$$X = \frac{P}{R} \times T$$

Avec X : nombre de bactéries coliformes

P : Nombre de colonies répondant positivement aux critères du test de confirmation

R : Nombre de colonies repiquées (5 colonies) (Si R < 10, R= le nombre de colonies présentes)

T : Nombre total de colonies caractéristiques (rose à rouge) trouvées dans la boîte

Le dénombrement des bactéries coliformes est la somme de toutes les colonies négatives à l'oxydase de couleur rose à rouge et de toutes les colonies de couleur bleu foncé à violet.

**IV.2.2. Méthode de dénombrement des entérocoques intestinaux ou streptocoques fécaux**

➤ **Déroulement de la filtration**

Une prise d'essai de 100 mL d'échantillon à analyser est introduite dans l'entonnoir de la membrane qui auparavant a été stérilisé à l'aide d'un bec bunsen pour à la fois le refroidir et faire passer l'eau à analyser à travers un filtre de porosité 0,45 µm qui a été déposé sur la partie inférieure de l'entonnoir à l'aide d'une pince également stérilisée.

La pompe à vide reliée à la membrane est activée pour qu'elle puisse aspirer l'eau, le filtre est ensuite transféré aseptiquement dans une boîte de pétri sur la surface d'une plaque de gélose Slanetz et Barteley préalablement préparée. Cette dernière sera incubée couvercle en bas à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 heures.

➤ **Dénombrement et confirmation**

Après la période d'incubation spécifiée, les entérocoques intestinaux ou streptocoques du groupe « D » apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en rouge, marron ou rose.

Transférer aseptiquement la membrane du milieu Slanetz et Barteley sur une plaque de gélose Bile Esculine Azoture (BEA) préchauffée préalablement à 44 °C. Cette dernière sera incubée à son tour à  $44 \pm 0,5$  °C pendant 2 heures.

Les colonies caractéristiques prennent alors une coloration noire traduisant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu.

Compter le nombre de colonies et le rapporter à 100 mL d'eau à analyser.

#### **IV.2.3. Méthode de dénombrement des Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)**

##### **➤ Déroulement de la filtration**

La recherche des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- Le refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité nominale de 0,2  $\mu\text{m}$  entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.
- Déposer ensuite aseptiquement 100 mL, devant un bec bunsen.
- Actionner la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir, enlever la membrane à l'aide de pinces stériles puis la placer dans une boîte de façon à ce que la face quadrillée adhère au fond de la boîte tout en évitant les bulles d'air sous le filtre.
- Verser par la suite environ 18 mL de gélose TSC, TSN ou à défaut gélose VF, fondue à  $47 \pm 1$  °C puis refroidie.
- Après solidification sur pailleasse, cette boîte sera incubée couvercle en bas à  $36 \pm 2$  °C pendant  $20 \pm 4$  heures puis  $44 \pm 4$  heures.

##### **➤ Dénombrement et confirmation**

Compter les colonies caractéristiques noires aussi bien après la première période d'incubation soit après  $20 \pm 4$  heures qu'après la seconde période d'incubation soit après  $44 \pm 4$  heures. Rapporter le nombre total de colonies à 100 mL d'eau à analyser.

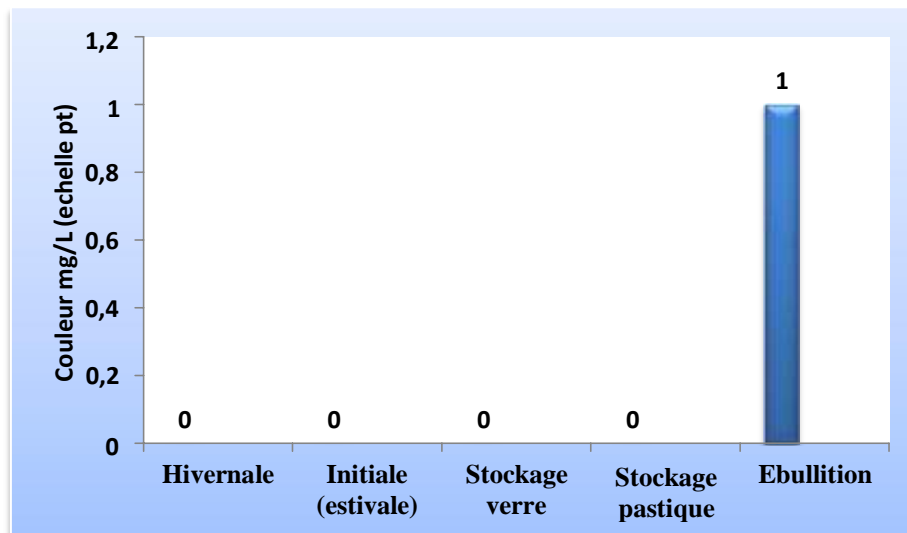
Afin de suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source de Thala N'Tazart, avant et après stockage et désinfection, différentes analyses ont été réalisées au sein du laboratoire de l'ADE (initiales hivernales et estivales) et SEAAL (après stockage et après désinfection de l'échantillon estival).

## I. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques, ont été effectuées sur des échantillons initiaux et les échantillons après stockage et traitement.

### I.1 Paramètres organoleptiques

L'analyse de la couleur après traitement par ébullition a montré une valeur de 1mg/L (échelle pt) (Fig. 7) respectant ainsi la norme exigée par le journal officiel de la république algérienne N°13 (0 - 20 mg/L en échelle platine).



**Figure 7 :** Evolution de la couleur de l'eau de source Thala N'Tazart

La coloration légère de l'eau est due probablement à la précipitation des ions calcium et bicarbonate en carbonate de calcium, cristaux de calcaire. La variation de la couleur après traitement par ébullition est provoquée par l'augmentation de la température et la diminution de la pression.

### I.2 Paramètres physico-chimiques

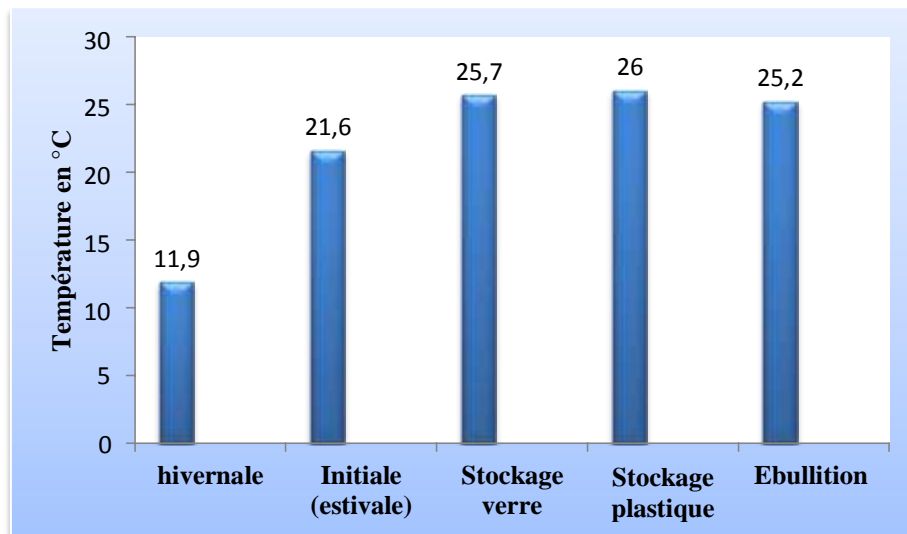
Les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques tels que la température, la conductivité, le pH, et la turbidité sont regroupés dans le tableau 9.

**Tableau 9** : Paramètres physico-chimiques de l'eau de source Thala N'Tazart pour les différents échantillons étudiés

Paramètres Echantillons	T (°C)	pH	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Turbidité (NTU)
Saison hivernale	11,90	7,80	455	/
Saison estivale	21,60	7,76	464	0,54
Stockage (verre)	25,7	7,63	455	0,46
Stockage (plastique)	26	7,68	456	0,15
Traitée par ébullition	25,2	7,95	420	0,36
Norme Algérienne	25	6,5-9,0	2800	5
Norme OMS	25	6,5-9,5	CMA : 2100	/

➤ **Température**

La température de l'eau après stockage est élevée par rapport à celle initiale, dépassant ainsi la norme selon le journal officiel de la république algérienne N°13 (25 °C).



**Figure 8** : Variation de la température

Cela peut s'expliquer par le fait que l'échantillon initial a été acheminé au laboratoire dans des glacières de façon à garder les paramètres physico-chimiques de l'eau stables, tandis que les échantillons après stockages ont été transportés sous aucune condition. Bien que la température n'ait pas d'effet direct sur la santé humaine, elle a un impact sur la qualité de l'eau. (RODIER & al, 2009)

Selon l’OMS, L’eau froide est généralement plus appréciée que l’eau chaude car une température élevée de l’eau peut accroître les problèmes liés aux paramètres organoleptiques (le goût, la couleur et l’odeur).

➤ **Le pH**

Le pH est l’un des paramètres les plus importants pour la qualité de l’eau, il doit faire objet de surveillance stricte tout au long du processus d’analyses. Une légère variation du pH a été observée lors du stockage et de désinfection sous l’effet de la température, ces valeurs sont tout de même dans l’intervalle de la norme, selon le journal officiel de la république algérienne N°13 (6,5 – 9). (RODIER & al, 2009)

➤ **Conductivité**

Une légère variation de la conductivité a été observée pour les différents échantillons analysés. Ainsi les valeurs obtenues ne dépassent pas la norme fixée selon le journal officiel de la république algérienne N°13 (2800 µs/cm).

**I.3 Paramètres de minéralisation globale**

Les résultats d’analyses des paramètres de minéralisation globale sont représentés dans le tableau 10.

**Tableau 10 :** Evolutions des paramètres de minéralisation globale de l’eau de sourceThala N’ Tazart pour les différents échantillons considérés

Paramètres Echantillons	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	TH (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	TA (mg/L)	TAC (mg/L)
Saison hivernale	61	22	4	0	11	300	242	0	246
Saison estivale	<b>64</b>	<b>23</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>305</b>	<b>254</b>	<b>0</b>	<b>250</b>
Stockage (verre)	<b>23,2</b>	<b>14,09</b>			<b>4,96</b>	<b>167,14</b>	<b>116</b>	<b>6</b>	<b>137</b>
Stockage (plastique)	<b>16,8</b>	<b>17,98</b>			<b>3,97</b>	<b>165,92</b>	<b>116</b>	<b>5</b>	<b>136</b>
Traitée par ébullition					<b>4,96</b>				
Norme Algérienne	<b>200</b>	<b>50</b>	<b>200</b>	<b>2</b>	<b>500</b>	/	<b>500</b>	/	<b>65-350</b>
Norme OMS	<b>200</b>	<b>30</b>	<b>200</b>	/	<b>250</b>	/	<b>500</b>	/	/

La dureté est généralement un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et magnésium (RODIER & al., 2009). Les résultats des paramètres de minéralisation obtenus ont montrés que l'eau de source de Thala N'Tazart a une teneur supérieure à 75 mg/L en  $\text{CaCO}_3$  et une teneur en calcium supérieure à 30 mg/L, selon RODIER et al., elle se définit comme étant une eau dure et calcaire (Fig.9).

La dureté très élevée est caractéristique des eaux provenant des terrains calcaires et surtout des terrains gypseux (RODIER & al., 2009).

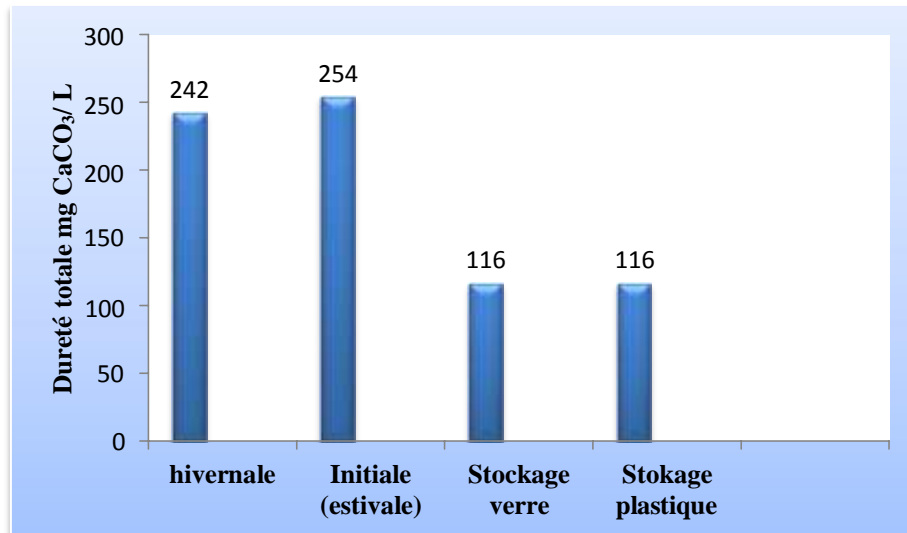


Figure 9 : Variation de la dureté totale

Le calcium est un élément extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant dominant des eaux potables, sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (RODIER & al., 2009).

L'eau de source Thala N'Tazart est riche en calcium, après stockage, la teneur en calcium a baissé, ceci est dû probablement à l'élévation de la température.

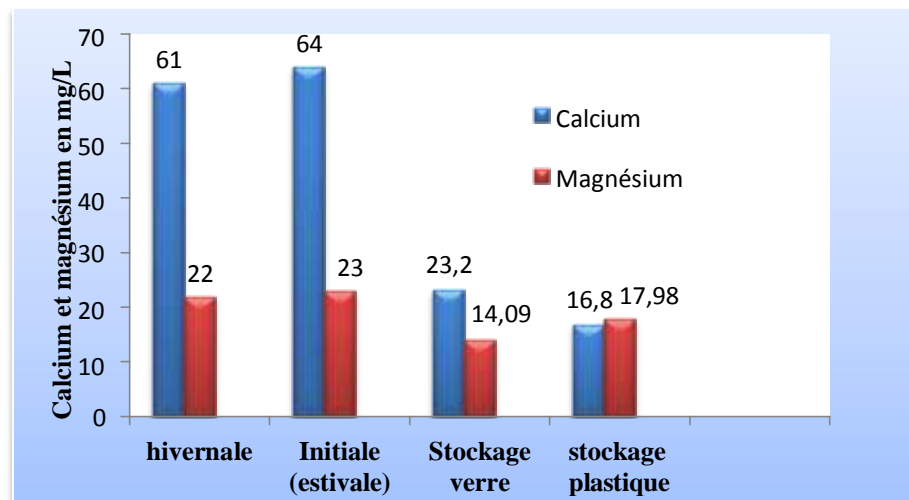


Figure 10 : Evolution de la concentration du calcium et du magnésium

Quant au magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées, le taux du magnésium dans l'eau doit se faire en liaison avec les sulfates. La productivité des eaux douces est assez nettement liée à la teneur en sel de calcium et de magnésium ; son maximum correspondrait à une alcalinité totale en calcium de 25 mg/L (RODIER & al., 2009). L'analyse des échantillons étudiés a montré que l'eau était dure initialement et après 13 jours de stockage l'eau est devenue douce.

Les valeurs enregistrées respectent toutes la concentration de 200 mg/L fixée, selon le journal officiel de la république Algérienne N°13.

➤ **Potassium et sodium**

L'eau de source Thala N'Tazart est dépourvue de potassium, malgré l'abondance de ce dernier dans la croûte terrestre, sa concentration dans les eaux naturelles ne dépasse pas les 10 mg/L. En effet, les résultats enregistrés par les différents échantillons considérés ont montré que la concentration en ion  $K^+$  répond à la norme fixée selon le journal officiel de la république Algérienne N°13 qui est de 12 mg/L.

Le sodium est un élément constant dans l'eau, il peut provenir de la décomposition des sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, de la venue des eaux salées dans les nappes aquifères (RODIER et al., 2009).

La teneur en sodium de l'eau de source Thala N'Tazart est de 5 mg/L, par conséquent cette concentration est conforme aux normes prescrites (200 mg/L). (RODIER & al, 2009)

➤ **Chlorures**

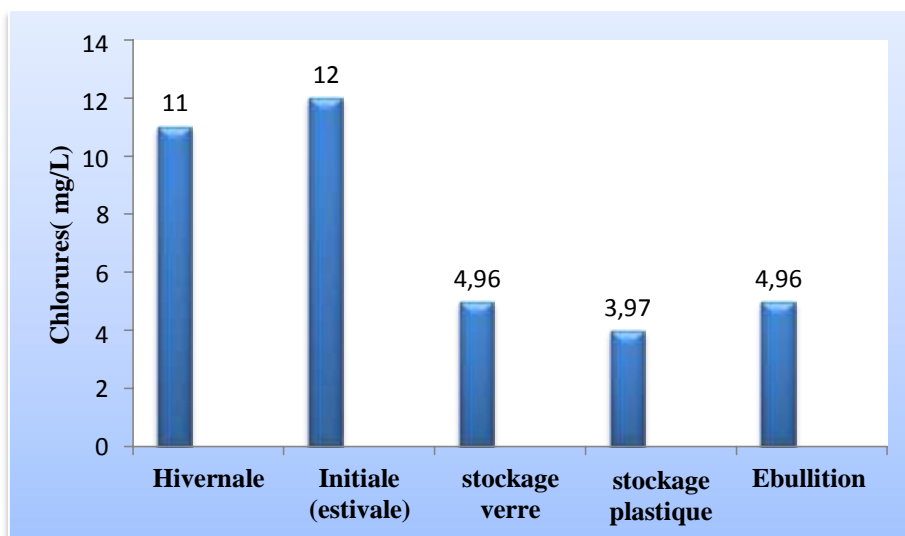


Figure 11 : Variation de la concentration des chlorures

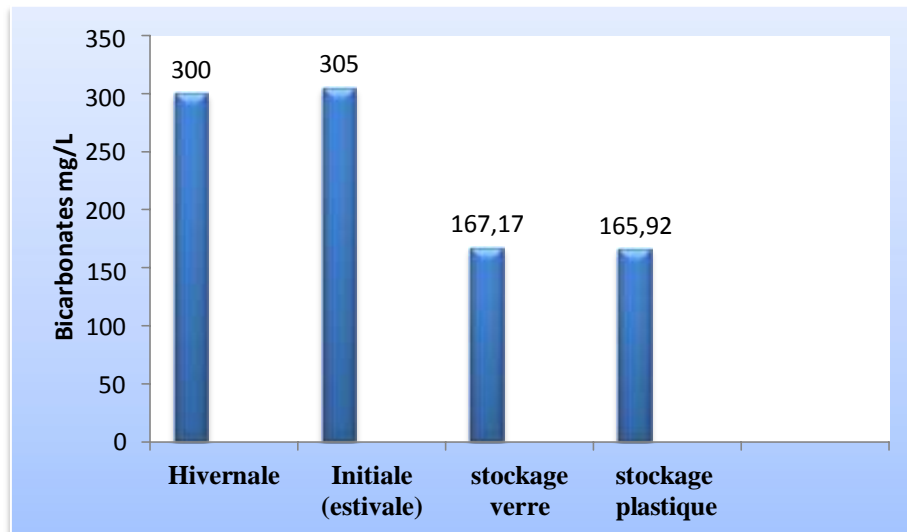
La teneur en ions chlorures est principalement liée à la nature des terrains traversés, la faible concentration enregistrée pour les différents échantillons considérés (Fig. 11) est probablement due à l'élévation de la température. Néanmoins, ces teneurs restent conformes à la norme de 500 mg/L prescrite par le journal officiel de la république Algérienne N°13.

➤ **Bicarbonates**

L'eau de source Thala N'Tazart présente une teneur élevée en bicarbonates. La teneur des bicarbonates dans l'eau dépend de la nature des terrains traversés qui sont riche en bicarbonates de calcium (ACHOUI & SOUCI, 2015).

Après stockage, la teneur en bicarbonates a baissé avec la diminution du titre alcalimétrique totale dû probablement à l'élévation de la température.

Aucune norme n'a été fixée par l'OMS concernant la teneur des bicarbonates dans l'eau (RODIER & al, 2009), en supposant que les bicarbonates n'affectent pas la qualité de l'eau.



**Figure 12 :** Evolution de la concentration des bicarbonates

➤ **Titre alcalimétrique TA et alcalimétrique complet TAC**

Une concentration nulle et importante en TA et en TAC est observée pour les échantillons initiaux, respectivement. La teneur élevée en TAC reste inférieure à la valeur 350 mg/L, norme prescrite par le journal officiel de la république algérienne N°13. Après stockage de l'eau de source Thala N'Tazart, une légère augmentation en TA et diminution en TAC est enregistrée. Ceci est probablement dû à l'élévation de la température et du pH. Ainsi, ces teneurs répondent aux normes dictées par le journal officiel de la république algérienne.

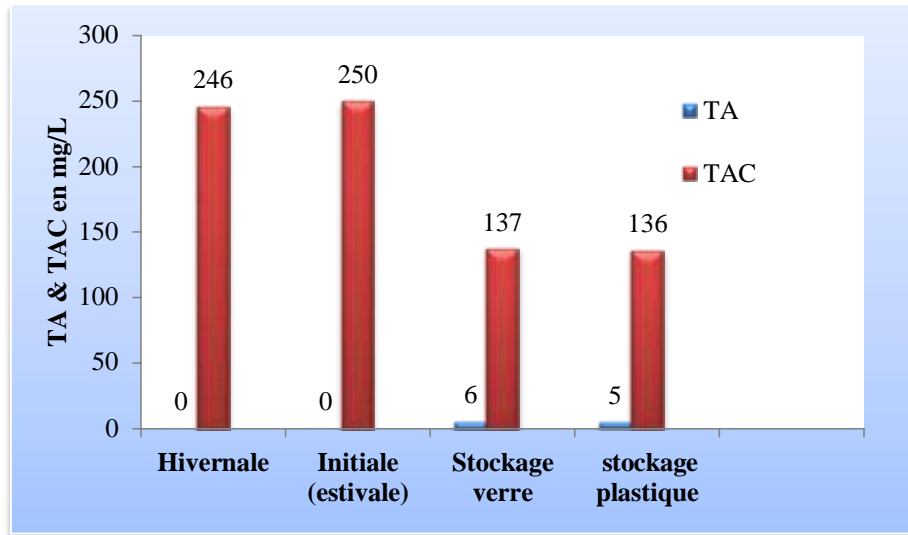


Figure 13 : Variation du titre alcalimétrique TA et alcalimétrique complet TAC

#### I.4 Paramètres de pollution

Les résultats d'analyses des paramètres de pollution (ammonium, nitrites, nitrates, phosphates et matières organiques) sont regroupés dans le tableau 11, pour les différents échantillons étudiés.

Tableau 11 : Evolution des paramètres de pollution de l'eau de source Thala N'Tazart pour les différents échantillons considérés

Paramètres Echantillons	Ammonium (mg/L)	Nitrites (mg/L)	Nitrates (mg/L)	Phosphates (mg/L)	Matière organique (mg O <sub>2</sub> /L)
Saison hivernale	0	0	1,90	0	0,24
Saison estivale	0	0	2,96	0	0,08
Stockage (Verre)	0,01	0	1,74	0,19	0
Stockage (Plastique)	0,01	0,006	0,97	0	0,38
Traitée par ébullition			1,10		0,53
Norme Algérienne	CMA : 0,05	CMA : 0,1	50	5	10
Norme OMS	1,5		50	5	

#### ➤ Phosphate

La teneur initiale en ions phosphate est nulle. Une augmentation de la concentration en phosphate est observée pour l'eau stockée dans le verre. Ceci peut s'expliquer par le fait que les bouteilles d'échantillonnage soient mal rincées après lavage par détergent.

Ce résultat est confirmé par RODIER & al., les phosphates peuvent provenir des adjuvants actifs ajoutés aux détergents (RODIER & al., 2009).

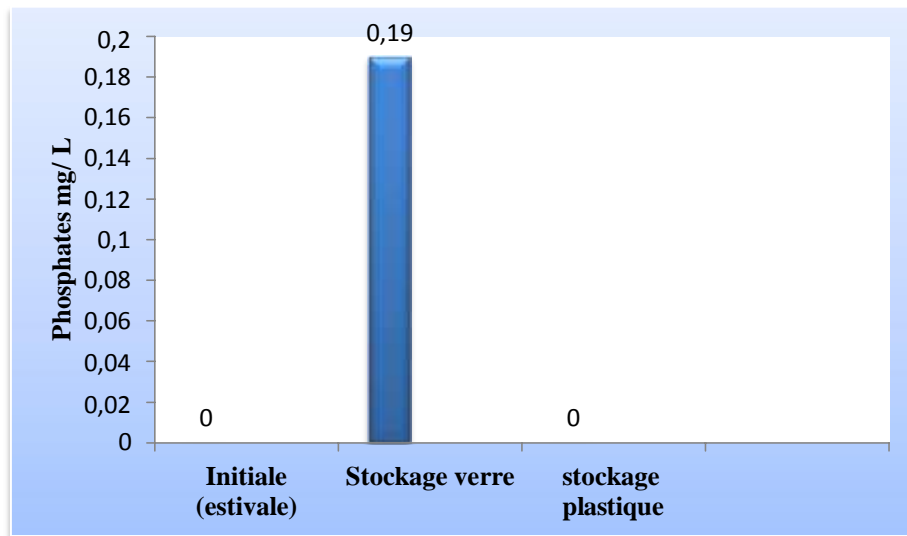


Figure 14 : Evolution de la concentration des ions phosphate

Les valeurs enregistrées respectent toutes la norme (de 5 mg/L) fixée, selon le journal officiel de la république algérienne N°13.

➤ **Ammonium, nitrites et nitrates**

L'analyse effectuée sur l'eau de source Thala N'Tazart a enregistré une concentration nulle en ammonium pour les différents échantillons étudiés (Fig.15). Ce résultat est en accord avec la norme limite de 0,50 mg/L fixée par le journal officiel de la république Algérienne N°13.

Après stockage cette teneur a connu une légère augmentation. Ceci est probablement due à la réduction des nitrates sous l'action des bactéries autotrophes ou par les ions ferreux (RODIER & al., 2009).

La teneur en nitrates en saison estivale est beaucoup plus élevée par rapport à la saison hivernale. En effet les eaux météoriques contiennent aussi des nitrates en provenance de l'ammoniaque et des oxydes d'azote présents dans l'atmosphère, qui s'infiltré dans les nappes (RODIER & al., 2009), mais la source majeure provient de l'apport d'engrais azotés. Néanmoins leurs concentrations ne dépassent pas la norme de 50 mg/L, valeur fixée par notre pays.

La présence des nitrites dans l'eau stockée dans du plastique est probablement dû à la réduction des nitrates sous l'action des bactéries (voir analyse bactériologique après stockage dans du plastique). Néanmoins, cette valeur reste conforme à la valeur de 0,1 mg/L fixée par le journal officiel de la république Algérienne N°13.

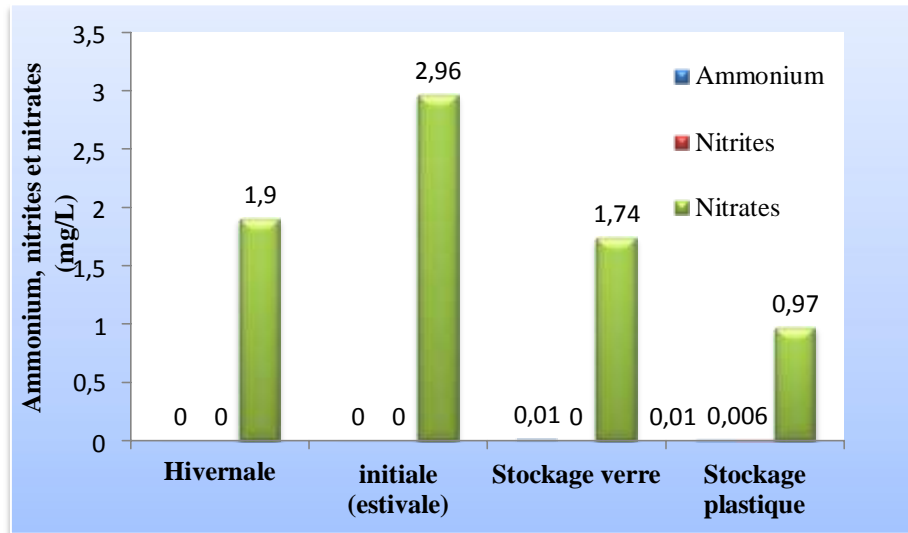


Figure 15 : Evolution de la teneur en ammonium, nitrites et en nitrates

➤ **Matière organique**

La présence des matières organiques dans une eau est synonyme de prolifération bactérienne. (RODIER & al, 2009) L'analyse a montré, une concentration de 0,24 mg/L et de 0,08 mg/L en matière organique sur des échantillons d'eau de source Thala N'Tazart prélevés, durant la saison hivernale et estivale, respectivement. Ce résultat a enregistré une contamination bactérienne plus importante en hiver.

Le stockage d'eau de source Thala N'Tazart dans du verre et du plastique, a enregistré une concentration en matière organique de 0 et 0,38 mg/L, respectivement. Ainsi, le stockage de l'eau dans du plastique peut favoriser l'accroissement de la population bactérienne (voir analyses bactériologiques).

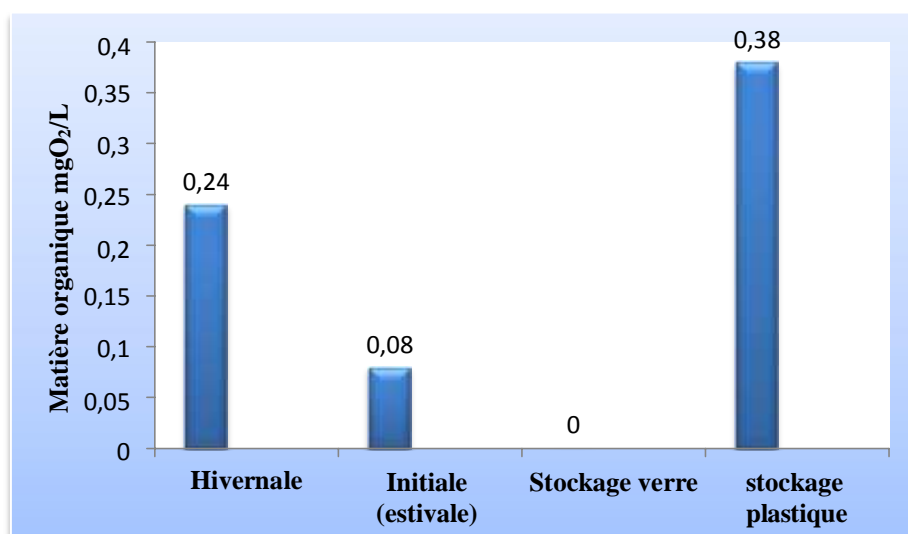


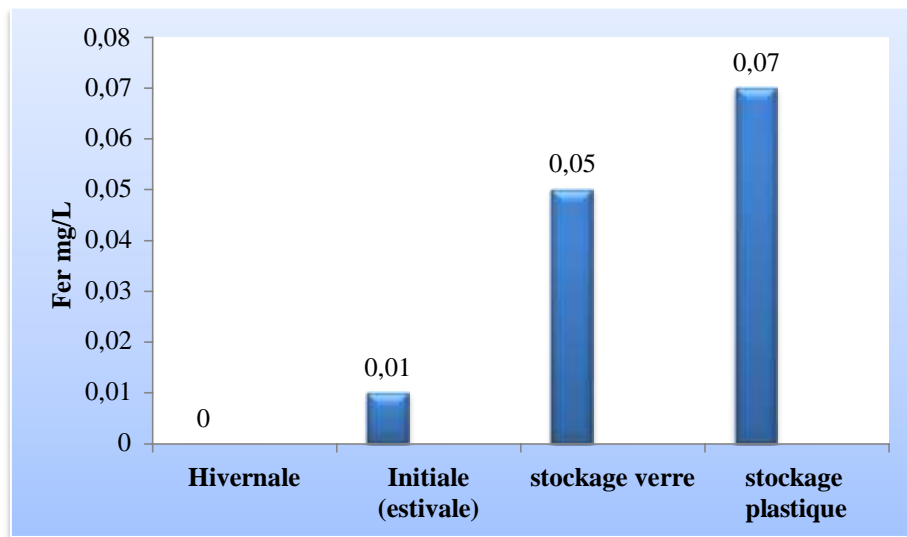
Figure 16 : Variation des concentrations en matières organiques

**I.5 Eléments indésirables**

Les résultats d’analyses des éléments indésirables, fer et manganèse, sont regroupés dans le tableau 12.

**Tableau 12 :** Analyses des éléments indésirables de l’eau de source Thala N’Tazart pour les échantillons cibles

Paramètres / Echantillons	Fer (mg/L)	Manganèse (mg/L)
Saison hivernale	0	0
Saison estivale	0,01	0
Stockage (Verre)	0,05	
Stockage (plastique)	0,07	
Traitee par ébullition		
Norme Algérienne	0,3	<0,05 mg/L
Norme OMS	0,3	<0,1 mg/L



**Figure 17 :** Evolution de la concentration du fer

Le fer et le manganèse sont considérés comme des éléments indésirables dans une eau. Les résultats des analyses des échantillons de l’eau de source Thala N’Tazart, ont montrés une concentration nulle en manganèse et presque nulle en Fer. Cela indique que cette dernière est de bonne qualité selon le journal officiel de la république algérienne N°13 (Tableau12).

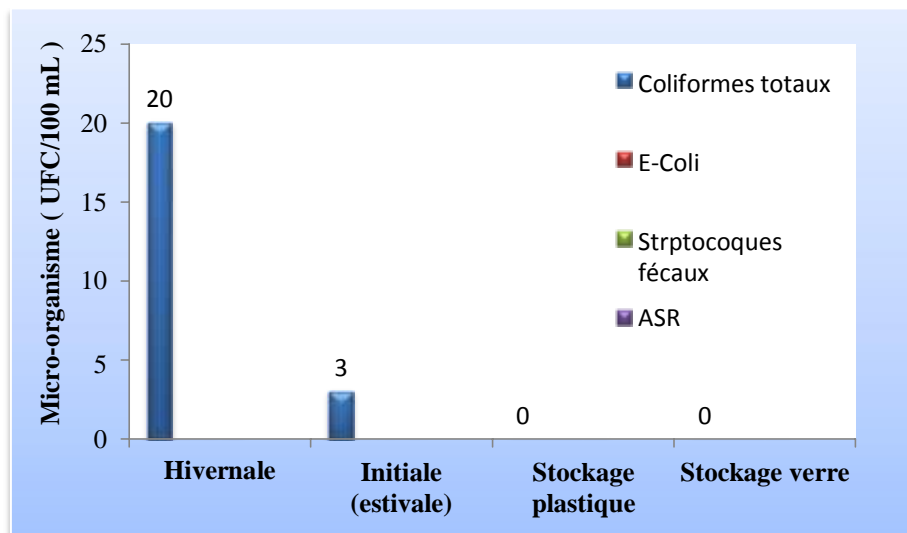
## II. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique des échantillons de l'eau de source de Thala N'Tazart, s'est portée sur la recherche de certains micro-organismes à savoir : les coliformes totaux / fécaux (E-Coli), les streptocoques fécaux et les Anaérobies Sulfito-Réductrices (ASR).

Les résultats d'analyses de la saison hivernale et estivale et après stockage et désinfection sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 8** : Evolution des paramètres bactériologiques de l'eau de source Thala N' Tazart pour les différents échantillons cibles

Germes	Coliformes totaux (UFC/100mL)	E-Coli (UFC/100mL)	Streptocoques fécaux (UFC/100mL)	ASR (UFC/100mL)	Revivifiables à 22C° (UFC/100mL)	Revivifiables à 37C° (UFC/100mL)
Saison hivernale	20	0	0	0		
Saison estivale	03	0	0	0		
Stockage (Verre)	0	0	0	0	54	58
Stockage (plastique)	0	0	0	0	48	496
Traitée par ébullition	0	0	0	0	/	/
Norme Algérienne	50	20	20	/	/	/



**Figure 18** : Evolution des micro-organismes recherchés pour les échantillons étudiés

➤ **Les coliformes totaux**

Les résultats d'analyses ont montré que le nombre de bactéries coliformes est plus élevé en saison hivernale de l'ordre de 20 UFC/100 mL. Ceci peut s'expliquer par le fait que les nappes phréatiques sont soumises à une période de pluie ou de fontes de neiges durant la saison hivernale, ce qui provoque l'entraînement des micro-organismes du sol, et de ce fait l'accroissement de la teneur en bactéries. Dans le cas contraire, la persistance des pluies conduira à une baisse notable de nombres de micro-organismes comme c'est le cas de la saison estivale (HASLEY & LECLERC, 1993).

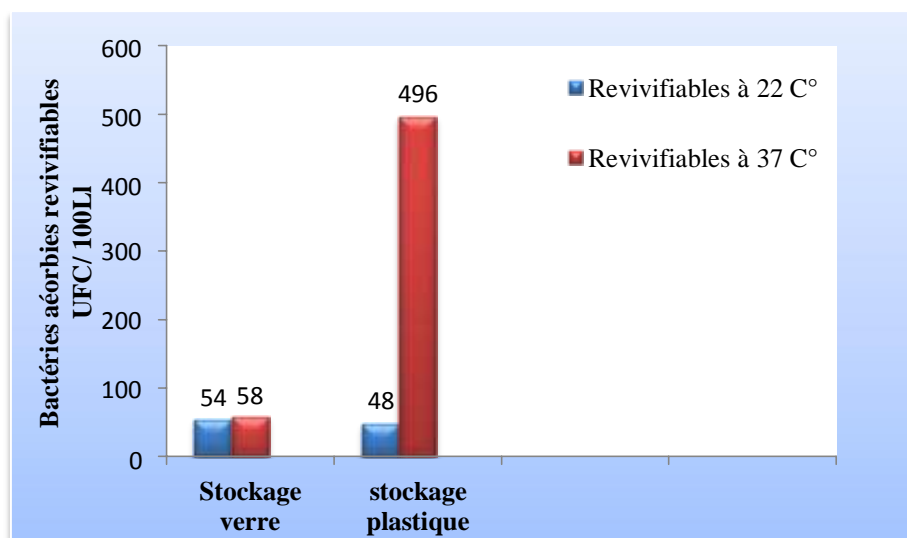
Après stockage de l'eau de source, le nombre de bactéries coliforme est nul, ceci est probablement dû aux résidus de chlore qui ont servis comme désinfectant des échantillons.

➤ **Escherichia coli & anaérobies sulfito-réductrices**

E-Coli est le plus important des coliformes fécaux, témoin sensible indicateur de matières fécales et donc potentiellement de pathogènes du fait de leur grande quantité dans les fèces (RODIER & al, 2009).

L'analyse bactériologique réalise sur les échantillons étudiés, n'a enregistré aucune contamination fécale et une absence totale des spores (ASR). Ceci est probablement dû à la situation géographique de la source Thala N' Tazart, dépourvus de toute forme de pollution industrielle, urbaine ...etc.

➤ **Bactérie aérobies revivifiables à 22 °C et 37 °C :**



**Figure 19 :** Variation des bactéries aérobies revivifiables à 22 C° et 37 C° durant le stockage

Les résultats d'analyses ont montrés une élévation du nombre de ces bactéries à 37°C après stockage dans du plastique, ce qui explique également l'augmentation de la concentration des matières organiques. Ce résultat est en accord avec RODIER et al., sachant que les bactéries aérobies revivifiables à 22 °C et 37 °C ne sont pas d'origine fécale. Elles fournissent de multiples informations dont la prolifération de la flore dans un réseau alimenté par une eau mal traitée, c'est-à-dire riche en matières organiques (RODIER et al, 2009).

## Conclusion

L'étude menée au cours de ce modeste travail a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source Thala N'Thazart destinée à la consommation de plus de 700 habitants du village « Tala N'Thazart ».

Les résultats issus des différentes analyses physico-chimiques et bactériologiques (hivernales, estivales, après stockage dans le verre et le plastique ainsi qu'après traitement par ébullition) ont montré que :

Pour les deux saisons hivernale et estivale, les valeurs des paramètres physico-chimiques respectent les normes exigées par l'Algérie et l'OMS, de ce fait, il en ressort des résultats d'analyses que l'eau de source Thala N'Thazart est une eau dure et calcique et bicarbonatée compte tenu de sa dureté élevée.

La température étant plus élevée de 10 °C en saison estivale, par rapport à hivernale en effet, la région d'IBOUDRAREN, se caractérise par des hivers froids, voir glacials et humides ainsi que des étés chauds et secs.

La concentration des nitrates est beaucoup plus élevée en saison estivale. Cette première reste tout de même dans les normes fixées. Ceci est dû principalement aux précipitations abondantes qu'a connues la région en mois de Mai, en effet, les eaux météoriques contiennent aussi des nitrates en provenance de l'ammoniaque et des oxydes d'azote présents dans l'atmosphère.

L'eau de source Thala N'Thazart est d'une excellente qualité au niveau bactériologique en effet, elle ne contient aucune contamination fécale et une absence totale des spores (ASR). Par contre elle véhicule des coliformes totaux qui sont nettement plus élevés en saison hivernale en raison des fortes précipitations et des fontes de neiges qui ont eu lieu dans cette région.

Après stockage, l'eau de source Tala N'Thazart n'a connu aucune dégradation de sa qualité physico-chimique et bactériologique. Néanmoins, elle a connu une baisse de dureté et en teneur de calcium sous l'influence de la température et le pH.

Le verre s'est avéré le moyen de stockage le plus sûr, absence germes revivifiables à 37° C.

Après ébullition, l'eau est devenue légèrement trouble, due aux cristaux de calcaire qui se sont formés lors de la précipitation du calcium et des bicarbonates en carbonate de calcium.

## Bibliographie

- ✚ **ALIOULS & HADJ SAID,L. (2020).** Mémoire de master en chimie de l'environnement :Caractérisation de l'eau de source de thala Ouguellid avant et après stockage et désinfection.Université de Tizi-Ouzou.
- ✚ **ASSOCIATION SANTE ENVIRONNEMENT FRANCE ( ASFR). (2010).** Pollution de l'eau : Origines et impacts.
- ✚ **AYACHI,I.F & YAMOUN, NEH. (2019).** master Biologie Moléculaire des Microorganismes : Contribution à l'étude et à l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et de sources de la Wilaya de Constantine. Université des Frères Mentouri Constantine
- ✚ **BELHADJ, M. (2017).** Thèse de doctorat en sciences: Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda., Université Mohamed Khider Biskra, Spécialité : Sciences Hydrauliques, (Option) : Hydraulique
- ✚ **BENGARNIA.B. (2016).** Thèse de doctorat biologie « Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'Oued Es-Saoura cas de Beni-Abbès, Ouargla et Zeghamra » Université d'Oran Ahmed Ben Bella..
- ✚ **BEN HENNOUR.N, BEN CHEHBA (2017).** Mémoire master :Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans les localités de Miliiana (Aïn Defla) et Ain Deheb (Tiaret.) Université Abdelhamid ben Badis- Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
- ✚ **BEN HIDA,A MERZOUKI,M ABOULKACEM,A MOUMNI,M. (2012).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de certains puits de la ville de meknès, maroc. Meknès, maroc.
- ✚ **BERRADIA.N & SERISSER.H. (2019).** Mémoire de master Effet de la lumière sur l'évolution de la qualité physico-chimie et bactériologiques des eaux minérales embouteillées .
- ✚ **BESBES,M & DE MARSILY,G. (2017).** Les eaux souterraines. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* .
- ✚ **BOUAZZOUNI ,Kh & HADJ ARAB,D (2016).** Mémoire de master en chimie de l'environnement :Evolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques durant le stockage de l'eau de source située dans la région de Tizi-Ouzou.Université de Tizi-Ouzou

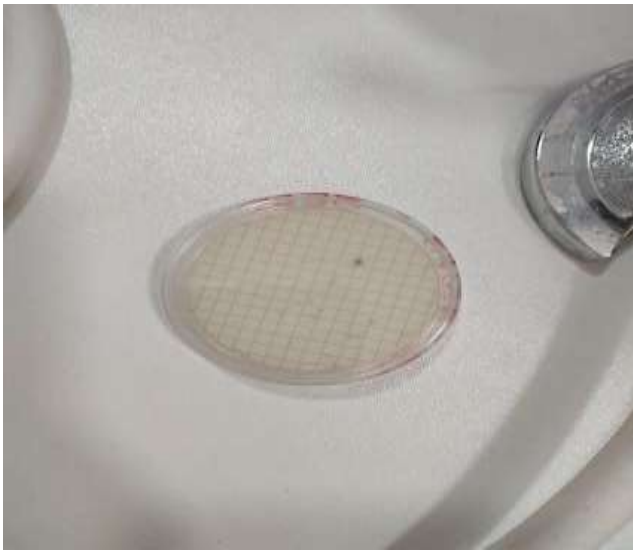
- ✚ **BOUZIANI.M. (2000).** L'eau de la pénurie à la maladie. Edition IBN KHALDOUN.Algérie
- ✚ **CHEIKH, A & ALI, O. (2022).** Travaux pratiques Master chimie de l'environnement. *Traitement des eaux : procédés physico-chimiques .*
- ✚ **CHERY, L. (2006).** Qualité naturelle des eaux souterraines : méthodes de caractérisation des états de références des aquifères Français. Orléans, France: édition BRGM.
- ✚ **CROIX ROUGE ESPAGNOLE. (2018).** L'EAU ET LA SANTÉ. *Module de promotion à l'hygiène .*
- ✚ **DAHMAN.H, & KALLECH. (2020).** : Mémoire Master chimie pharmaceutique « Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits de la région de Ain Defla » Université de Ain Defla. Faculté des sciences et technologies .
- ✚ **DEGREMONT. (1989).** *Mémento technique de l'eau* (éd. Collection Degremont, Vol. TOME 1 et 2 ).
- ✚ **DEGREMONT. (2005).** *Mémento technique de l'eau* (éd. Dixième édition, Vol. TOME 1 ). EditionLAVOISIER 6.
- ✚ **DJAD, M. (2015).** Thèse de doctorat en sciences: Qualité bactériologique des eaux littorales et méthodes d'analyses ; cas du littoral Ouest Algerien. université Djilali Liabes de Sidi Bel Abbès , faculté des sciences de la nature et de la vie, spécialité: Environnement
- ✚ **DUPONT,A. (1981)** (s.d.). Hydrologie-captage et traitement des eaux, HYDRAULIQUE,. *TOME 1 , 5ème.* Paris .
- ✚ **FEDERATION INTERNATIONALE DES SOCIETES DE LA CROIX-ROUGE ET DU CROISSANT-ROUGE. (2008) (FISC).** Traitement et stockage sûr de l'eau à domicile dans les situations d'urgence. *Manuel de terrain pour le personnel et les volontaires Croix-Rouge/Croissant-Rouge .* Genève, Suisse.
- ✚ **FOUCHE.O. (2013).** Thèse de doctorat , ResearchGate :Aquifères, nappes et essais d'eau.
- ✚ **GASMI,W & REFICE,M. (2020).** Mémoire de master en biologie: Caractéristiques physico-chimiques de l'eau potable de la région de M'sila (Dréat, Souamaa ,Newara)., université de Mostaganem , spécialité microbiologie fondamentale
- ✚ **GOITA, A. (2013).** Thèse de doctorat en Pharmacie: LES BACTERIES PATHOGENES D'ORIGINE HYDRIQUE DE L'EPIDEMIOLOGIE A LA PREVENTION. université Mohamed V –SOUISSI, faculté de medecine et de pharmacie -RABAT

- ✚ **HADDAD,H & GHOUALEM ,H. (2014).** CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU BASSIN HYDROGRAPHIQUE COTIER ALGEROIS. Laboratoire d'Electrochimie, Corrosion, Métallurgie et Chimie Minérale. Faculté de Chimie. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène
- ✚ **HASLAY, C & LECLERC, H (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Lavoisier Tec & Toc., Paris, France
- ✚ **HERIARIMIASINA, HBR & RANDRIANASOLO , R. (2018).** Licence d'Ingénierie en Sciences et Techniques de l'eau: Analyse et contrôle de la qualité de l'eau à consommer à Mahazina , Fokontany Antanetibe Soarano, Commune d'Ankazobe. Université D'ANTANARIVO
- ✚ **IDRES, S. (2020).** Master en écologie et environnement :Synthèse bibliographique des paramètres physico-chimique et bactériologiques des eaux naturelles., université de Tizi-Ouzou, faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques
- ✚ **ISO 9308-1 . (2014).** Qualité de l'eau . *Dénombrement des Escherichia coli et des bactéries coliformes — Partie 1: Méthode par filtration sur membrane pour les eaux à faible teneur en bactéries .*
- ✚ **JIANG,Y & UWAMANGU, JY. . (2016).** Thèse de doctorat. ResearchGate :Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de la rivière RWASAVE
- ✚ **. JUERY, C (2004).** Définition des caractéristiques technique de fonctionnement et domaine d'emploi des appareils de désinfection. Office internationale de l'eau SNIDE
- ✚ **MAIGA, A. S. (2005).** Thèse de doctorat :Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDMA.SA dans la ville de Bamako : Evaluation saisonnière. université de Bamako, Mali
- ✚ **MEKAOUSSI.N. (2014).** COMPORTEMENT DES ELEMENTS CHIMIQUES DANS LES EAUX DE SURFACE DE HAMMAM. *Mémoire de Magister en Hydraulique .* Université Hadj Lakhdar Wilaya de Batna.
- ✚ **MUSY. (2004).** *Hydrogéologie. 1er édition, Lausanne : Presses polytechnique et universitaires romandes .*
- ✚ **OMS (2017).** Directives de qualité pour l'eau de boisson.
- ✚ **POTELON,J & ZYSMAN,K. (1998).** le guide des analyses de l'eau potable. la lettre du cadre territorial.
- ✚ **REJSEK.F. (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et technique. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.

- ✚ **RIBONI,R & ROBERT,M (2001).** Les méthode de désinfection de l'eau. OZONE.CH Sàrl
- ✚ **RODIER, & al. (2009).** L'analyse de l'eau. *9ème*. DUNOD.
- ✚ **SADI,M & Bouarouren ,M(2016).** Mémoire de master en sciences agronomique : Quaractérisation et valorisation de quatre sources( Thimanithine, Ait smail, Samta et El Ainseur) de la région de Toudja wilaya de Béjaia. université de Tizi-Ouzou, Département d'agronomie
- ✚ **SANTE CANADA. (2006).** Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada: Indicateurs de contamination fécale. *Document technique pour consultation publique* .
- ✚ **SANTE CANADA. (1992).** Recommandation pour la qualité de l'eau. Canada .
- ✚ **SANTE CANADA (1978).** Annuaire de Canada : Promotion et protection de la santé. Canada.
- ✚ **SOUCI. N & ACHOUI R. (2015).** Mémoire de master en chimie de l'environnement: Etude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de différentes sources " Lakhroub" "Fontaine fraîche" et "Ainseur aqdim" de la wilaya de Tizi-Ouzou. Tizi-Ouzou, Algérie.Université de Tizi-Ouzou, faculté des sciences.
- ✚ **VAESSEN,B & BRENTFÜHRER–BGR(2015).** Les eaux souterraines et l'environnement.
- ✚ **YAHIAOUI.Y & BOUDENNA. C. (2021).** Master en écologie et environnement: Analyses physico-chimiques et Bactériologiques des eaux potables. université de Tizi-Ouzou, faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques

**Sites internet:**

- ✚ **<https://www.annabac.com/>. (2022).** Consulté le 04/07/2022
- ✚ **<https://www.oieau.org/>. (2013).** Consulté le 14/06/2022
- ✚ **<https://www.seaal.dz/>. (2022).** Consulté le 14/06/2022
- ✚ **<https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/climatologie-empreinte-humaine-decelee-salinite-oceans-42400/>. (2012).** Consulté le 29/05/2022



Annexe 1 : Coliformes totaux



Annexe 2 : Disque oxydase test



Annexe 3 : disque d'oxydase



Annexe 4 : Etuve d'incubation



Annexe 5 : Filtration sur membrane

## **ANNEXE 6 : Formules des milieux de culture**

### **1. Milieu de SLANETZ et BARTELEY. Milieu de base**

<b>Tryptose</b>	<b>20,0 g</b>
<b>Extrait de Levure</b>	<b>05,0 g</b>
<b>Glucose</b>	<b>02,0 g</b>
<b>Hydrogénophosphate dipotassique (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>)</b>	<b>04,0 g</b>
<b>Azoture de Sodium (NaN<sub>3</sub>)</b>	<b>0,4 g</b>
<b>Agar-Agar</b>	<b>08 à 18 g</b>
<b>Eau Distillée</b>	<b>1000 mL</b>

Dissoudre les ingrédients dans l'eau bouillante jusqu'à dissolution complète.

### **2. Gélose Viande Foie :**

<b>Base viande foie</b>	<b>20g</b>
<b>Glucose</b>	<b>0.75g</b>
<b>Amidon</b>	<b>0.75g</b>
<b>Sulfite de sodium</b>	<b>1.2g</b>
<b>Carbonate de sodium</b>	<b>0.67g</b>
<b>Agar-agar</b>	<b>11g</b>
<b>Eau distillée</b>	<b>1000 mL</b>

Dissoudre les constituants, répartir en flacon, autolavage (15mn à 120C°)



Annexe 7 : Dosage TH- $\text{Ca}^{+2}$



Annexe 8 : Dosage des chlorures



Annexe 9 : Kit dosage du manganèse



Annexe 10 : spectrophotomètre à flamme



Annexe 11 : Processus d'ébullition

ANNEXE 12 : Les échantillons



### **ANNEXE 13 : Réactifs dosage du potassium $K^+$**

Dissoudre 1.907 g de KCL (ayant été séché à  $105^{\circ}C$  pendant une heure de temps) dans un litre d'eau distillée. Cette solution a, ainsi, une concentration égale à 1000 mg/L de potassium ( $K^+$ ).

Soit  $C_1 = 1000$  mg/L. La solution doit être stockée dans une bouteille en plastique.

A partir de  $C_1$  préparer quotidiennement une solution de 10 mg/L, en prélevant 1mL q.s.p. 100 mL

### **ANNEXE 14 : Réactif dosage du sodium $Na^+$ :**

Dissoudre 1.907 g de NaCl (ayant été séché à  $105^{\circ}C$  pendant une heure de temps) dans un litre d'eau distillée. Cette solution a, ainsi, une concentration égale à 1000 mg/L de sodium ( $Na^+$ ).

Soit  $C_1 = 1000$  mg/L. La solution doit être stockée dans une bouteille en plastique.

A partir de  $C_1$  préparer quotidiennement une solution de 10 mg/L, en prélevant 1mL q.s.p. 100 mL