



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE de TLEMCCEN  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

**Département de Biologie**

# MEMOIRE

Présenté par :

**ABDELLI ABIR**

**BOUZEKRI FAIZA**

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER**

En Sciences alimentaires.

**Option : Agro-Alimentaire et Contrôle de Qualité.**

***Thème :***

***Contribution à l'évaluation qualitative des eaux de sources  
de la région de Tlemcen.***

Soutenu le : 30/06/2020, devant le jury composé de :

Présidente :	<b>M<sup>me</sup> GHANEMI F.Z.</b>	MCB	Université de Tlemcen.
Encadreur :	<b>M<sup>me</sup> BOUALI W.</b>	MCB	Université de Tlemcen.
Examineur :	<b>Mr BENYOUB NOR EDDINE.</b>	MAA	Université de Tlemcen.

**Année Universitaire : 2019/2020.**

## *Remerciements*



*L'accomplissement du présent travail n'a été possible qu'avec le soutien d'ALLAH.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements ainsi que notre grande reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'étude et leur exprimer notre gratitude pour l'intérêt et le soutien qu'ils nous ont généreusement accordé.*

*Nos remerciements s'adressent à notre encadrant: **M<sup>me</sup> BOUALI W.** pour avoir dirigé notre projet de fin d'étude. La confiance et le soutien, qu'elle nous a accordé, nous ont permis de mener à bien ce travail.*

*Aux membres du jury **M<sup>elle</sup> GHANEMI F.Z.** et **Mr BENYOUB N.** qui ont daigné laisser leurs multiples occupations pour se donner la peine d'examiner ce travail, nous leur sommes infiniment reconnaissants. Leurs critiques et suggestions contribueront certainement à rehausser la valeur scientifique de ce travail.*

*Nous remercions toute l'équipe du laboratoire physico-chimique et microbiologique de **L'ADE de Tlemcen** pour l'accueil cordial. Nous n'aurions pas pu réaliser ce travail sans leur aide.*

*Nous remercions aussi toutes les enseignantes de la promotion Master 2 agroalimentaire et contrôle de qualité.*

*Enfin Nous remercions nos famille et nos amis qui nous ont soutenus et qui ont contribué de près, ou de loin à la l'aboutissement de ce travail.*



## *Dédicaces*

*Avant toute chose « Al Hamdoulilah », je remercie Allah, le tout puissant pour nous avoir donnée la force et la patience afin de pouvoir réaliser ce travail.*

*J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail :*

*Le plus grand amour dans mon cœur, à la prunelle de mes yeux, le meilleur guide dans ma vie et qui n'a jamais cessé de m'encourager,*

*« Le meilleur père ».*

*A celle qui attendue avec patience les fruits de sa bonne éducation, qui m'a tout donné, qui a toujours été là pour moi ,a celle qui tient le paradis sous ses pieds, A mon ange « Ma mère » que Dieu te de donne santé et de longue vie.*

*A mes sœurs et mon frère.*

*A toutes la famille **Ben Aziza**, pour leur aide.*

*A mes amis surtout, **Amel et Imane**.*

**FAIZA...**

## *Dédicaces*

*Avant toute chose « Al Hamdoulilah », je remercie Allah, le tout puissant pour nous avoir donnée la force et la patience afin de pouvoir réaliser ce travail.*

*J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail :*

*A la mémoire de « **Mon cher frère** » qui a gardé une place dans mon cœur, que la paix soit avec Toi dans la maison de l'éternelle, Tu me manqueras toujours.*

*A celle qui attendue avec patience les fruits de sa bonne éducation, à la bougie qui a éclairé ma vie et qui a contribué à ma réussite, merci de tout mon cœur*

*« **Ma chère mère** » que Dieu te de donne santé et de longue vie.*

*A celui qui m'a soutenu dans mes choix, le meilleur guide dans ma vie et qui n'a jamais cessé de m'encourager, et avec lui je partagerai le meilleur et le pire, à l'homme de ma vie « **Mon époux** ».*

*A la personne la plus chère de mon cœur « **Briki Ibtissem** » qui a sacrifié tout son temps pour me guider et m'encourager avec ces précieux conseils et son soutien tout au long de mon projet.*

*A ma chère tante « **Fatiha** » A ma très chère sœur adorable « **Latefa** »*

*A tous ceux qui m'ont consacré temps, patience et conseils surtout dans le moment difficile.*

**ABIR...**

## ملخص :

الماء مورد طبيعي ثمين وأساسي للاستخدامات المتعددة. لطالما كانت مياه الينابيع مرادفًا للمياه النظيفة التي تلبى بشكل طبيعي معايير الشرب ، وهذه المياه أقل حساسية للتلوث.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لأربعة مصادر طبيعية في بلديات ولاية تلمسان : (سيدي مجاهد، عين الكبيرة، دار بن طاطا، عين الدفلة) لضمان السلامة الصحية للمستهلكين.

أجريت تحليلات فيزيائية كيميائية على العينات الأربع بقياس درجة الحرارة، درجة الحموضة، التوصيل الكهربائي، التعكر، القساوة الكلية، الكالسيوم، المغنيزيوم، الكلوريدات ، النترت.

أظهرت نتائج هذه التحليلات أن هذه المياه صلبة ومعدنية بمستويات عالية من المغنيسيوم والبيكربونات ، لذا فإن مصادرنا ذات جودة مرضية وتتوافق مع المعايير تتضمن التحليلات البكتريولوجية في البحث عن الجراثيم الكلية، بكتريا القولون الكلية والبرازية (إشريكية قولونية) ، المكورات العقدية البرازية ومخفضات كلوستريديوم سلفيتو.

أوضحت النتائج الغياب التام لمؤشرات التلوث البرازي مثل القولونيات القولونية والعقدية البرازية والبرازية للمصادر الثلاثة (دار بن طاطا ، سيدي مجاهد وعين الدفلة) ، كما أنها تتوافق مع المعايير الجزائرية باستثناء المصدر (عين الكبيرة) الذي يظهر وجود المكورات العقدية البرازية وبالتالي فهو غير صالح للاستهلاك البشري ويشكل تهديدا لصحة الإنسان.

**الكلمات المفتاحية:** مياه الينابيع ، الجودة ، التحاليل الفيزيائية الكيميائية ، التحاليل البكتريولوجية ، معايير مياه الشرب.

## **Résumé :**

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Les eaux de sources ont pendant longtemps été synonyme des eaux propres répondant naturellement aux normes de potabilité, ces eaux sont en effet moins sensibles aux pollutions.

La présente étude a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de quatre sources naturelles dans les communes de la wilaya de Tlemcen: (Sidi Medjahed, Ain El Kbira, Dar Ben Tata, Ain Defla), ceci pour assurer la sécurité sanitaire des consommateurs.

Les analyses physicochimiques ont été effectuées sur les quatre échantillons en mesurant les paramètres suivants : La température, le pH, la conductivité électrique (CE), la turbidité, la dureté totale, le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), les chlorures( $\text{Cl}^-$ ), les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).

Les résultats de ces analyses ont montré que ces eaux sont dures et minéralisées avec des teneurs élevées en magnésium et en bicarbonates, donc nos sources sont de qualité satisfaisante et conforme aux normes. Les analyses bactériologiques consistent à rechercher des germes totaux, les coliformes totaux et fécaux (E. coli), les streptocoques fécaux et les Clostridium sulfito-réducteurs.

Les résultats ont montré l'absence totale des indicateurs de contamination fécale tels que les Coliformes totaux, fécaux et Streptocoques fécaux pour les trois sources (Dar BenTata, Sidi Medjahed et Ain Defla), elles sont également conformes aux normes Algériennes à l'exception de la source (Ain El-Kabira) qui montre la présence de streptocoque fécal, donc elle est impropre à la consommation humaine et constitue une menace pour la santé humaine.

**Mots clés :** eau de source, qualité, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques, normes de potabilité.

### **Abstract :**

Water is a precious and essential natural resource for many uses. Spring water has for a long time been synonymous with clean water that naturally meets drinking water standards, as it is less sensitive to pollution.

The objective of this study is to evaluate the physico-chemical and bacteriological quality of four natural sources in the communes of the wilaya of Tlemcen: (Sidi Medjahed, Ain El Kbira, Dar Ben Tata, Ain Defla) to ensure consumer health safety.

Physicochemical analyses were performed on the four samples by measuring the following parameters: temperature, pH, electrical conductivity (EC), turbidity, total hardness, calcium ( $\text{Ca}^2$ ), magnesium ( $\text{Mg}^2$ ), chlorides (Cl), nitrites ( $\text{NO}_2$ ).

The results of these analyses have shown that these waters are hard and mineralized with high levels of magnesium and bicarbonates, so our sources are of satisfactory quality and meet the standards. Bacteriological analysis involves the search for total germs, total and faecal coliforms (*E. coli*), faecal streptococci and *Clostridium sulfito-reductors*.

The results showed a complete absence of faecal contamination indicators such as total coliforms, faecal and faecal streptococci for the three sources (Dar Bentata, Sidi Medjahed and Ain Defla), they also comply with Algerian standards with the exception of the source (Ain El-Kabira) which shows the presence of faecal streptococcus, therefore it is unfit for human consumption and constitutes a threat to human health.

**Key words :** source water, quality, physico-chemical analysis, bacteriological analysis, potability standards.

## Liste des abréviations

**ADE:** Algérienne des eaux.

**ASR :** Anaérobies sulfito-réducteur.

**BLBVB:** Bouillon lactosée bilié au vert brillant.

**C.I.E:** Centre d'information sur l'eau.

**E. Coli :** Escherichia coli.

**EDTA :** Sel dissodique d'acide Éthylène Diamine Tétra –Acétique.

**HCL :** Acide chlorhydrique.

**meqg :** milliéquivalent gramme.

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

**N :** normalité.

**N.E.T :** Noir d'Eriochrome T.

**NTU :** Unité Néphélométrique de Turbidité.

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

**PH :** Potentiel d'hydrogène.

**T :** température.

**TA :** Titre alcalimétrique (mg/L).

**TAC :** Titre alcalimétrique complet (mg/L).

**TH :** Titre hydrotimétrique (mg/L).

**TGEA :** glucose tryptonée à l'extrait d'agar.

**TTC :** Tergitol Tétrazolium Chlorure.

**UFC :** Unité fondamentale des colonies.

**μS/cm :** micro siemens par centimètre.

**VF :** Viande Foie.

**VHA :** virus de l'hépatite A.

**VHE :** virus de l'hépatite E.



## Liste des figures

N°	Titre	Page
<b>Figure 01</b>	La molécule de l'eau.....	3
<b>Figure 02</b>	Le cycle de l'eau.....	4
<b>Figure 03</b>	Répartition en masse des eaux douces et marines sur la surface terrestre.....	7
<b>Figure 04</b>	Photo de l'algérienne des eaux de la wilaya de Tlemcen.....	25
<b>Figure 05</b>	La rampe de filtration.....	35
<b>Figure 06</b>	Recherche et dénombrement des germes totaux.....	36
<b>Figure 07</b>	Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux et les Streptocoques fécaux.....	38
<b>Figure 08</b>	Recherche et dénombrement des spores des Clostridium sulfito-réducteurs.....	40
<b>Figure 09</b>	Variation des valeurs de la température, turbidité et la conductivité électrique des quatre sources d'eaux étudiées.....	42
<b>Figure 10</b>	Variation des valeurs du pH des quatre sources d'eaux étudiées.....	43
<b>Figure 11</b>	Variation des valeurs de chlorure et sulfate des quatre sources étudiées et les eaux minérales (ifri et Lalla Khadidja).....	44
<b>Figure 12</b>	Variation des valeurs de la dureté totale des quatre sources étudiées et l'eau minérale (Lalla Khadidja).....	45
<b>Figure 13</b>	Variation des valeurs de magnésium et de calcium des quatre sources étudiées et les eaux minérales (ifri et Lalla Khadidja).....	46
<b>Figure 14</b>	Variation des valeurs de titre hydrotimétrique complet TAC des quatre sources étudiées.....	47
<b>Figure 15</b>	Variation des valeurs de bicarbonate $\text{HCO}_3^-$ des quatre sources étudiées et les eaux minérales (ifri et Lalla Khadidja).....	48
<b>Figure 16</b>	Variation des valeurs de nitrite des quatre sources étudiées avec les eaux minérales (ifri et Lalla Khadidja).....	49
<b>Figure 17</b>	Variation des valeurs de phosphate des quatre sources étudiées.....	49
<b>Figure 18</b>	Variation des valeurs de $\text{Fe}^{2+}$ des quatre sources étudiées.....	50
<b>Figure 19</b>	Dénombrements des bactéries germes totaux à 22°C et 37°C.....	52
<b>Figure 20</b>	Dénombrements coliformes totaux.....	53
<b>Figure 21</b>	Dénombrements des Clostridium sulfito-réducteurs.....	54
<b>Figure 22</b>	Dénombrements des Streptocoques fécaux.....	55

*Liste des tableaux*

N°	Titre	Page
<b>Tableau 01</b>	: Classification des eaux selon la température.....	10
<b>Tableau 02</b>	: Classification de l'eau selon la dureté totale.....	11
<b>Tableau 03</b>	: Origines et natures de différentes sources de pollution de l'eau.....	16
<b>Tableau 04</b>	: Principales infections humaines transmissibles par l'eau.....	19
<b>Tableau 05</b>	: Présentation des points d'échantillonnages des quatre sources.....	28
<b>Tableau 06</b>	: Résultats du dénombrement bactériologique des quatre sources étudiées.....	51

## Table des matières

Remerciements.....	I
Dédicaces.....	II
Dédicaces.....	III
ملخص.....	IV
Résumé.....	V
Abstract.....	VI
Liste des abréviations.....	VII
Liste des figures.....	VIII
Liste des tableaux.....	IX
Table des matières.....	X
Introduction générale.....	1

### **Première partie : Synthèse bibliographique.**

#### **Chapitre 01 : Généralités sur l'eau**

I. Généralités sur l'eau.....	3
I.1. Définition de l'eau.....	3
I.2. Cycle d'eau.....	3
I.3. Les sources d'eau.....	4
I.3.1. L'eau de pluie.....	4
I.3.2. Les eaux de surface.....	5
I.3.3. Les eaux souterraines.....	5
I.3.4. Les eaux de mer.....	5
I.4. Les propriétés de l'eau.....	5
I.4.1. Propriétés chimiques.....	5
I.4.2. Propriétés physiques.....	6
I.4.3. Propriétés thermiques.....	6

I.5. Importance de l'eau.....	6
I.5.1. L'eau dans l'agroalimentaire.....	6
I.5.2. L'eau pour notre santé.....	6
I.6. La répartition de l'eau sur terre.....	7
II. Les sources .....	7
II.1. Définition d'une source.....	7
II.2. Les différents types de sources.....	7
II.2.1. Sources d'affleurement.....	8
II.2.2. Sources de déversement.....	8
II.2.3. Sources d'émergence.....	8
II.3. Traitement de l'eau de source.....	8
III. Potabilité de l'eau.....	8
III.1. Normes de potabilité des eaux.....	9
III.2. Les paramètres de la qualité des eaux potables et leurs normes.....	9
III.2.1.1. La couleur.....	9
III.2.1.2. L'odeur.....	9
III.2.1.3. Goût et saveur.....	9
III.2.2. Les paramètres physico-chimiques.....	9
III.2.2.1. La température.....	9
III.2.2.2. Le potentiel d'hydrogène pH.....	10
III.2.2.3. La turbidité.....	10
III.2.2.4. La conductivité électrique (CE).....	10
III.2.2.5. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH).....	11
III.2.2.6. L'alcalinité TA et TAC.....	11
III.2.2.7. Minéralisation globale.....	11
III.2.2.7.1 Les cations .....	12
III.2.2.7.2. Les anion .....	12

III.2.3. Les paramètres de pollution.....	12
III.2.3.1 Les nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	12
III.2.3.2. Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	12
III.2.3.3. Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	13
III.2.4. Les paramètres indésirables.....	13
III.2.4.1 Le fer (Fe <sup>2+</sup> ).....	13
III.2.5. Les paramètres bactériologiques.....	13
III.2.5.1.Les Germes totaux.....	13
III.2.5.2.Les Coliformes totaux.....	14
III.2.5.3.Les Coliformes fécaux (Escherichia coli).....	14
III.2.5.4.Les Streptocoques fécaux.....	14
III.2.5.5. Les Clostridium sulfito-réducteurs.....	14

## Chapitre 02 : La pollution de l'eau et les maladies à transmission hydrique

I. Pollution de l'eau sur terre :.....	15
1.1. Introduction.....	15
1.2. Les sources de pollution.....	15
1.2.1. Les polluants domestiques.....	16
1.2.2. Les polluants industrielles.....	16
1.2.3. Les polluants agricoles.....	17
II. Les maladies à transmission hydriques.....	18
II.1.Les maladies d'origine bactérienne.....	20
II.1.1. Le choléra.....	20
II.1.2. La fièvre typhoïde.....	20
II.1.3. La dysenterie.....	20
II.1.4. La gastro-entérite.....	20
II.1.5. Légionnelles.....	21

II.2. Les maladies d'origine virale.....	21
II.2.1. L'hépatite A.....	21
II.2.2. La poliomyélite.....	21
II.3. Les maladies d'origine parasitaire.....	21
II.3.1. La cécité des rivières.....	21
II.3.2. La schistosomiase.....	22
II.3.3. Le paludisme.....	22
III. Les risques liés à la présence des substances chimiques dans l'eau.....	22
IV. Les risques liés au manque d'eau.....	23
V. Gestion des risques hydriques.....	23

**Deuxième partie : expérimentale.**

**Chapitre 03 : Matériel et méthodes**

I. Présentation du lieu de stage l'ADE.....	25
I.1. Les missions de l'établissement.....	26
I.2. Types de contrôle effectués par le laboratoire.....	26
II. Echantillonnage et mode de prélèvement.....	27
II.1. Matériels et produits utilisés au niveau de laboratoire de l'ADE.....	28
II.2. Méthodes d'analyses organoleptiques.....	29
II.2.1. Test de la couleur.....	29
II.2.2. Test de l'odeur et de la saveur.....	29
II.3. Méthodes d'analyses physico-chimiques.....	29
II.3.1. L'analyse électrochimique (partielle).....	29
II.3.1.1. Mesure de la température.....	29
II.3.1.2. Mesure du potentiel d'hydrogène pH.....	29
II.3.1.3. Mesure de la conductivité électrique (CE).....	29
II.3.1.4. Mesure de la turbidité.....	30

II.3.2. L'analyse complète (volumétrique).....	30
II.3.2.1. Dosage de la dureté totale TH et la dureté calcique et magnésienne.....	30
II.3.2.2. Détermination de l'alcalimétrie (TA).....	31
II.3.2.3. Détermination du Titre Alcalimétrique complet (TAC).....	31
II.3.2.4. Dosage des ions chlorures (Méthode de Mohr).....	32
II.3.3. L'analyse spectrale.....	32
II.3.3.1. Dosage des ions sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) par spectrophotomètre UV visible.....	32
II.3.4. Les paramètres de pollutions.....	33
II.3.4.1. Dosage des nitrites ( $NO_2^-$ ) par spectrophotomètre UV visible.....	33
II.3.4.2. Dosage de l'ammonium ( $NH_4^+$ ) par spectrophotomètre UV visible.....	33
II.3.4.3. Dosage de phosphate ( $PO_4^{3-}$ ) par spectrophotomètre UV visible.....	33
II.3.4.4. Dosage de fer total par spectrophotomètre UV visible.....	33
II.4. Méthodes d'analyses bactériologiques.....	34
II.4.1. Recherche et dénombrement des germes totaux.....	35
II.4.2. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et d'E. Coli.....	36
II.5.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.....	37
II.5.4. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs.....	38

## Chapitre 04 : Résultats et discussion

I. Paramètres organoleptiques.....	41
II. Paramètres physico-chimiques.....	41
II.1. Température, Turbidité, Conductivité électrique.....	41
II.2. Potentiel d'hydrogène (pH).....	42
II.3. Minéralisation globale.....	43
II.4. Les paramètres de pollution.....	48
II.5. Éléments indésirables.....	50
III. Paramètres bactériologiques.....	51

III.1. Les Germes totaux.....	51
III.2. Les coliformes totaux et fécaux (E. Coli).....	52
III.3. Clostridium sulfito-réducteurs (ASR).....	53
III.4. Streptocoques fécaux.....	54
Conclusion et perspectives.....	56
Références bibliographiques.....	58
Annexes	



# **Introduction générale**

### **Introduction générale :**

L'eau constitue 70% de la surface de la Terre, distribuée sous forme d'océans, de mers, de rivières ....., et elle est utilisée pour nourrir les organismes vivants de manière importante, car elle est considérée comme la deuxième nécessité la plus importante pour vivre après l'oxygène. Aujourd'hui, l'eau est devenue un atout pour les conglomérats pour réaliser des investissements massifs, en plus d'être un enjeu majeur en termes de santé publique et d'environnement (**Marc, 2003**).

L'eau constitue 60% du corps humain, et c'est parce que le corps humain en a besoin pour remplir ses différentes fonctions en plus de ses bienfaits pour la santé, dont les plus importants sont: le transport de l'oxygène vers les cellules du corps, la perte de poids, le maintien de la santé du système squelettique et l'amélioration des performances athlétique (**Rogee, 2008**).

Les eaux souterraines présentent une importante valeur sociale et économique en tant que ressource naturelle inestimable pour répondre aux besoins agricoles, industriels et domestiques dans les pays développés ou en voie de développement. L'alimentation en eau potable est principalement fournie par les nappes d'eau souterraine, dont les eaux sont utilisées par 75 à 90% de la population mondiale. La qualité de ces eaux dépend de l'environnement de ces aquifères et de leur exposition à la pollution. (**Myrand, 2008**).

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre à un certain nombre de critères organoleptiques, physicochimiques et bactériologiques car, elle constitue un réservoir important pour la survie et la propagation de microorganismes (virus, bactéries, champignons, protozoaires et parasites), cela qui la rend impropre à l'alimentation humaine. Ces microorganismes sont pathogènes pour l'homme. Ils sont à l'origine de nombreuses maladies infectieuses (Choléra, Fièvres typhoïde, Hépatites A et E...) se sont les maladies à transmission hydrique. (**Nanfack et al., 2014**).

Les eaux souterraines sont les seules ressources permettant de faire face aux besoins de l'irrigation et des différents usages domestiques d'où la nécessité de bien étudier la qualité de ces eaux et de les protéger contre tout risque de contamination. (**Zegait et al., 2016**).

L'approvisionnement en eau potable, des moyens d'assainissement de base et une bonne gestion des ressources en eau sont essentiels pour assurer la bonne santé. (**Kahoul et al., 2014**)

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude réalisée au sein de laboratoire ADE de la wilaya de Tlemcen dont le principe consiste à l'évaluation et la caractérisation de la qualité physicochimiques et bactériologiques de l'eau de source dans le but d'assurer aux consommateurs que ces sources sont propres et saines et leurs qualités est irréprochable.

Ce travail est scindé en deux parties : bibliographique et expérimentale.

La première partie est constituée de deux chapitres dont le premier englobe quelques généralités sur l'eau, l'importance de l'eau et aussi leurs propriétés. Le seconde sera consacré les maladies à transmission hydrique. La deuxième partie est constituée de deux chapitres dont le premier décrit les matériels et les méthodes d'analyse effectuées pour l'évaluation de la qualité microbiologique, physicochimiques et organoleptiques des eaux de sources, le deuxième chapitre nous exposerons les résultats obtenus et leur discussion. En fin, on termine par une conclusion et des perspectives.

**Première partie :**  
**Synthèse**  
**bibliographique.**

# **Chapitre 01 :**

## **Généralités sur l'eau**

## I. Généralités sur l'eau :

L'eau est le cœur battant de la vie humaine, des animaux et des plantes, car elle constitue la plus grande part des besoins vitaux d'une personne. Une personne peut survivre pendant une semaine sans manger, mais elle ne peut pas supporter plus de deux jours sans eau, ce qui explique à quel point il est important de continuer pour rester en vie (**Dufrenot, 2008**). L'eau se trouve dans diverses parties de la terre et pour cette raison, elle a été appelée la planète bleue, elle couvre les deux tiers de sa surface, seulement 30%, puis la terre visible. Le reste est de l'eau salée qui couvre plus d'un milliard de kilomètres cubes (**Fortin, 2007**).

### I.1. Définition de l'eau :

L'eau est d'une importance biologique et économique capital, est le pilier de l'équilibre. L'eau est un liquide incolore, insipide et inodore, et elle appartient à la liste des ressources naturelles renouvelables économique. (**Ledrans et al., 2003**). Selon **Friedli**, la molécule d'eau est coudée. La molécule d'eau a la capacité de participer à quatre liaisons hydrogène, la liaison O-H est polaire puisque l'oxygène est notamment plus électronégatif que l'hydrogène (**Friedli, 2002; Pratt et Cornely, 2019**).



Figure 01 : La molécule de l'eau (Pollard et Earnshaw, 2004).

### I.2. Cycle d'eau :

le cycle de l'eau est un phénomène vital sur notre planète, ce cycle est responsable de la production terrestre de plantes et d'autres éléments qui contribuent à la survie de la vie sur Terre (**Ballif, 2009**). Le cycle de l'eau n'est pas isolé des cycles de la matière, il lui est associé constitue une fonction. N'oubliez pas la circulation de l'atmosphère où la circulation des océans ne se limite pas aux seuls processus de transport de la matière, mais se transforme plutôt en transferts d'énergie de sources chaudes vers des sources froides (**Lambert, 1996**).

Le cycle de l'eau comprend plusieurs changements d'états sont les suivants :

- **Vaporisation (Liquide - Gaz) :** C'est le processus de transfert de l'eau de son état liquide à un état gazeux lorsque la chaleur atteint un point d'ébullition égal à 100 °C (Goudet et Yidoula, 2007).
- **Liquéfaction (Gaz - Liquide) :** C'est le processus inverse de l'évaporation de l'eau.
- **Solidification (Liquide - Solide) :** C'est le processus de changement de l'eau pour son état physique, car elle passe de son état liquide à l'état solide à une température de 0°C (Haouet, 1998).
- **Fusion (Solide - Liquide) :** La fusion dans l'eau est un processus de durcissement complètement réversible, mais le changement d'état du solide au liquide se produit une température constante égale à 0 degré Celsius (Valverde, 2008).

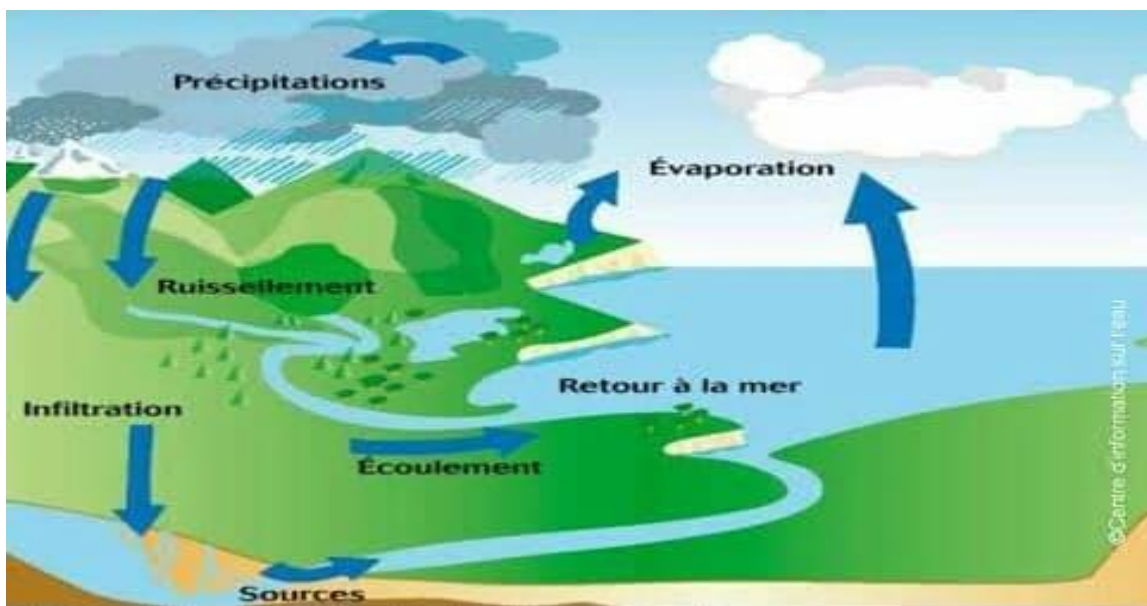


Figure 02 : Le cycle de l'eau (CIE, 2013).

### I.3. Les sources d'eau:

L'eau peut être divisée en quatre sources sont les suivants :

#### I.3.1. L'eau de pluie :

Il s'agit d'eau de pluie, souvent adaptée à la consommation humaine, car elle est riche en oxygène et en azote (Desjardins, 1990). L'eau de pluie est la principale source d'alimentation des rivières et des eaux souterraines ... ,c'est aussi une alternative intéressante

et a de nombreuses utilisations, notamment: lavage, irrigation, cuisine ...(**Janette et Hattum, 2006**).

### **I.3.2. Les eaux de surface :**

L'eau de surface est définie comme l'eau circulant ou stockée à la surface de la terre, qui provient du ruissellement de surface (comme les barrages, les rivières ...) ou à travers les aquifères, dont l'apparence est une source (**Degremont, 2005**). Nous entendons l'eau de surface douce, les eaux qui composent les étangs, les lacs et les rivières (**Ivar et al., 1995**).

Les utilisations des eaux de surface ne se limitent pas à la consommation, elles sont utilisées à plusieurs fins, dont l'hydroélectricité et la navigation ...(**Ivar et al., 1995**).

### **I.3.3. Les eaux souterraines :**

L'eau souterraine est définie comme de l'eau au-dessous du niveau du sol et s'écoule dans des formations géologiques contrairement à l'eau de surface qui canalisée comme un ruisseau ou d'une rivière (**Myrand, 2008**). Souvent, les eaux souterraines du sol sont protégées des sources de pollution. Ces eaux présentent plusieurs caractéristiques, dont les plus importantes sont les suivantes:

- L'eau souterraine est protégée du soleil et de l'atmosphère, et sa température est constante.
- Les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol, pour cette raison sa turbidité est faible.
- L'indice de couleur faible donc les eaux souterraines ne sont pas en contact avec des substances végétales (source de couleur) (**Desjardins, 1990**).

### **I.3.4. Les eaux de mer :**

C'est une eau avec une forte concentration de sel dissous, et elle est considérée comme une source d'eau brute en l'absence d'eau douce .La salinité de toute l'eau de mer est estimée entre 33 000 et 37 000 mg /L. (**Desjardins, 1990**).

## **I.4. Les propriétés de l'eau :**

L'eau, malgré sa simplicité est multi-caractéristique, notamment: les points d'ébullition et les anomalies de sa densité. Les propriétés de l'eau sont les suivantes:

### **I.4.1. Propriétés chimiques :**

En fait, l'eau est un agent chimique très agressif, car elle peut attaquer les parois du récipient qui la contient et a toujours été considérée comme un solvant neutre qui implique peu ou pas de réactions chimiques, car elle est également classée comme un bon solvant pour un grand nombre de gaz, de sels et même de molécules organiques (**Christophe, 2006**).



#### **I.4.2. Propriétés physiques :**

L'eau a de nombreuses propriétés physiques, parmi lesquelles: la cohésion, cette propriété permet à l'eau de rester liquide à des températures naturelles. La cohésion et la tension superficielle sont également incluses dans le domaine des propriétés physiques. L'une des propriétés les plus étranges du gel, c'est parce que l'eau commence à geler à la surface des lacs et des rivières ..., et non par le bas, cela est dû au fait que la glace est plus légère que l'eau.

Densité de la glace : 0,920 g / cm<sup>3</sup>.

Densité d'eau : 0,977 g / cm<sup>3</sup>.

Ainsi la glace flotte à la surface de l'eau (**Équipe la main à la pâte, 2009**).

#### **I.4.3. Propriétés thermiques :**

Les propriétés thermiques de l'eau résultant des ions hydrogène sont parmi les propriétés biologiques les plus importantes. Ces propriétés sont généralement caractérisées par une grande quantité d'énergie requise pour détruire les forces de gravité entre les molécules d'hydrogène fortes (**Hopkins, 2003**).

#### **I.5. Importance de l'eau :**

L'eau est l'une des choses les plus importantes sur terre. Chaque être vivant a besoin d'eau pour sa survie. Sans eau, les plantes, les animaux, tout, périrait. Nos corps sont composés d'environ 75% d'eau. Notre besoin d'eau devient très apparent quand nous avons soif. Le goût de l'eau qui coule dans la gorge est quelque chose auquel nous prenons tellement de plaisir. Nous buvons des verres de ce précieux liquide transparent tous les jours. C'est vital pour notre vie (**Myrand, 2008**).

##### **I.5.1. L'eau dans l'agroalimentaire :**

Les besoins en eau dans l'industrie agroalimentaire sont importants et variés, mais malgré cela ils sont encore faibles et modestes dans les autres industries telles que les centrales thermiques et nucléaires ou les usines de métaux et autres. Une laiterie consomme 2 à 10 litre d'eau traité, d'autres usines alimentaires peuvent parfois en consommer 20 à 30 litres par kg de produit manufacturé. L'eau est importante pour donner aux aliments la force requise et permettre les réactions chimiques qui contrôlent leur transformation, elle occupe donc une place importante dans l'industrie alimentaire (**Gros claude, 1999**).

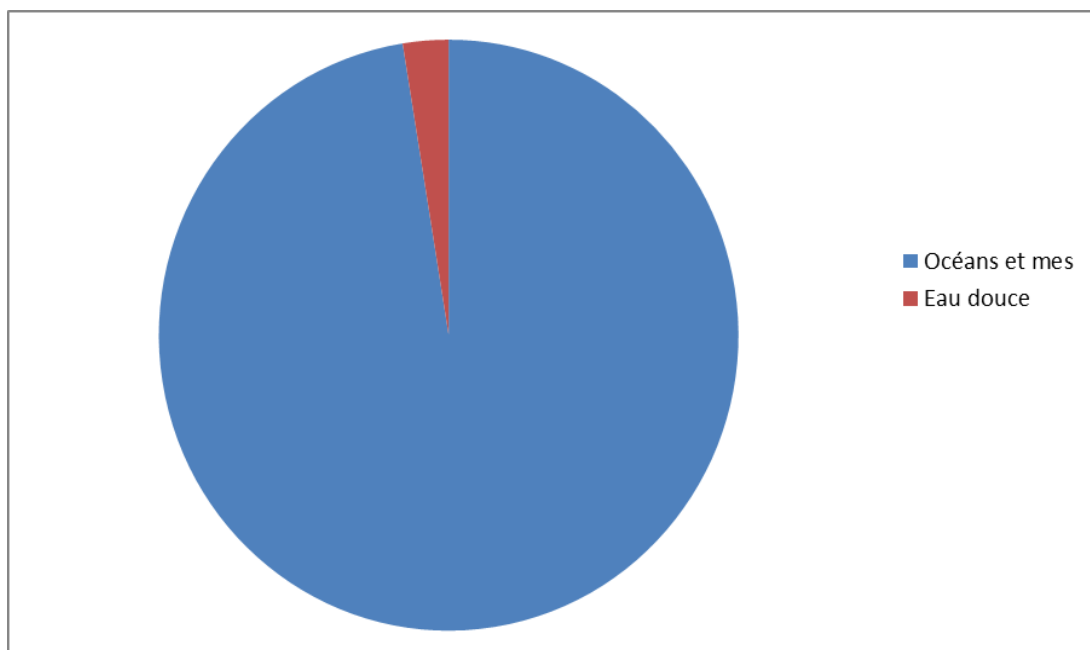
##### **I.5.2. L'eau pour notre santé :**

L'adulte nécessite une moyenne en eau varie entre 38 et 48 litres. Les yeux sont constitués du plus grand pourcentage d'eau estimé à 95%, suivis des reins à 85%, puis des muscles, Le cœur et le cerveau sont à 75%, Les poumons représentent 56% et les os 22%

(Meyerowitz *et al.*, 2008). 80% est le pourcentage d'eau dans le corps humain, il lui permet de rester en vie plus longtemps sans aucune source de nourriture, y compris de l'eau qui aide les muscles à rétrécir de manière adéquate, Le sang coule bien et contribue à la régulation de la chaleur corporelle par la transpiration (Poirier, 2004).

### I.6. La répartition de l'eau sur terre :

L'eau couvre environ 70% de la surface de la Terre. La proportion d'eau salée est estimée à plus de 97% de l'eau salée de la planète, distribuée sous forme d'océans et de mers par opposition à 2,53% de l'eau douce qui soutient la vie de la Terre, en particulier l'humanité, Ce petit pourcentage n'est pas suffisant si nous le comparons avec la quantité que l'humanité consomme (Lefèvre, 2013).



**Figure 03 : Répartition en masse des eaux douces et marines sur la surface terrestre (Lefèvre, 2013).**

## II. Les sources :

### II.1. Définition d'une source :

Une source peut être définie comme l'écoulement naturel à la surface du sol de l'eau d'une nappe souterraine ou comme le point d'émergence de cette nappe.

Toute source est alimentée par une portion de la nappe aquifère qui lui a donné naissance (Gomella *et al.*, 1974).

### II.2. Les différents types de sources :

Les principaux types de sources sont les suivants :

### **II.2.1. Sources d'affleurement :**

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo minérales appartiennent à cette catégorie (**Vilagines, 2000**).

### **II.2.2. Sources de déversement :**

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet de conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement sécher. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités (**Bonnin, 1982**).

### **II.2.3. Sources d'émergence :**

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction de sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner. Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est inégal (**Gomella et Guerree, 1980**).

### **II.3. Traitement de l'eau de source :**

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine.

Les seules traitements qui sont permis d'être appliqués afin d'éliminer les éléments instables (gaz, le fer et le manganèse) sont : l'aération, la décantation et la filtration (**Lunc et Lagradette, 2004**).

L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des micro-organismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé, qu'elles soient d'origine souterraines ou superficielles. Les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles, il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins approprié (**Valentin, 2000**).

Si une protection contenue de la source aux consommateurs ne peut être garantie, il sera impératif de procéder à une désinfection et de maintenir une concentration de chlore résiduel suffisante (**OMS, 1994**).

### **III. Potabilité de l'eau :**

L'eau potable doit obligatoirement respecter les seuils réglementaires de différents paramètres, répartis en différents groupes: les qualités organoleptiques (odeur, couleur, saveur), les éléments microbiologiques (virus, bactéries), les substances indésirables (nitrites, fer), ainsi que la composition naturelle de l'eau (pH, taux de calcium,...) (**Alouane, 2012**). Les

normes de potabilité sont l'ensemble des critères organoleptiques, physiques, chimiques, toxiques, éléments indésirables et bactériologiques que doit respecter une eau pour pouvoir être offerte à la consommation humaine (**Hubert et Marin, 2001**).

### **III.1. Normes de potabilité des eaux :**

Les normes de la qualité de l'eau de consommation humaine sont des valeurs guides, qu'on ne doit pas dépasser, elles sont établies par l'organisation mondiale de la santé (OMS). Elles sont des valeurs calculées avec une grande marge d'incertitude pour chaque substance, pour la population la plus sensible, en fonction de la dose journalière de substance tolérable pour un poids corporel donné et pouvant être ingérée quotidiennement toute une vie sans risque sanitaire (**Louise Schriver, 2012**).

### **III.2. Les paramètres de la qualité des eaux potables et leurs normes :**

L'eau doit répondre à des critères de la qualité très stricte fixée par le ministère de la santé et le conseil supérieur du secteur d'hygiène publique (**Zanat, 2009**).

#### **III.2.1. Les paramètres organoleptiques :**

##### **III.2.1.1. La couleur :**

La couleur d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux substances présentes dans la solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (**Rodier, 2005**).

##### **III.2.1.2. L'odeur :**

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles (**Rodier, 2005**).

##### **III.2.1.3. Goût et saveur :**

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (**Rodier, 2005**).

### **III.2.2. Les paramètres physico-chimiques :**

#### **III.2.2.1. La température :**

La température est un facteur écologique important pour les milieux aqueux. C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels et dans la détermination du pH, pour la compréhension de l'origine de l'eau et les

mélanges éventuels. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques (Rodier *et al.*, 2005).

Les eaux naturelles sont classées comme suit, selon leurs températures :

**Tableau 01** : Classification des eaux selon la température. (Rodier, 2005)

Températures (°C)	Types d'eau
$T < 30$	Minérale, source
$20 < T < 30$	Mésothermale
$30 < T < 50$	Thermale
$T > 50$	Hyperthermale

#### III.2.2.2. Le potentiel d'hydrogène pH :

L'eau naturelle pure est neutre c'est-à-dire le pH est égal à 7. Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est fonction de l'activité des ions hydrogènes  $H^+$  présents dans cette eau. Dans les eaux naturelles cette activité est due à des différentes causes en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels (Rodier *et al.*, 2009). Les valeurs limites du pH sont comprises entre 6,5 et 9 (JORA, 2011).

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant des terrains pauvres en calcaire ou siliceux ont un pH voisin de 7 (Savary, 2010 ; Bouziani, 2000).

#### III.2.2.3. La turbidité :

C'est le premier paramètre perçu par le consommateur (Andriamiradis, 2005). C'est un paramètre indiquant la réduction de la limpidité de l'eau, cela dû à la présence des matières en suspension non dissoutes provenant de l'érosion et du lessivage des sols (Lanteigne, 2003). Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes. Elle est exprimée généralement en NTU (Néphélogétrie Turbidity Unité). (Rodier, 2005).

#### III.2.2.4. La conductivité électrique (CE) :

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. Elle détermine la teneur globale des minéraux présent dans une solution : une eau douce accusera généralement une conductivité basse et bien au contraire une eau dite dure affichera une conductivité élevée (Bremaude *et al.*, 2006).

Elle est également en fonction de la température de l'eau et proportionnelle à la minéralisation (**Mens et Deraune, 2000**).

La conductivité s'exprime en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (**Gaujous, 1995**).

### III.2.2.5. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) :

La dureté ou le titre hydrotimétrique (**TH**) correspond à la somme des concentrations en cations  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Ca}^{2+}$  à l'exception des alcalins (**Ledler, 1986**).

En fonction de leur dureté totale, les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du tableau suivant :

**Tableau 02** : Classification de l'eau selon la dureté totale (**Berne et Cordonnier, 1991**).

TH en degré français ( $^{\circ}\text{F}$ )	Spécificité de l'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
30 à plus	Eau très dure

### III.2.2.6. L'alcalinité TA et TAC :

A l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes (**Rodier et al., 2009**).

Le titre alcalimétrique complet (**TAC**) d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions d'hydrogènes ( $\text{H}^+$ ). Ces ions sont dus à la présence des ions d'hydrogencarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonates ( $\text{CO}_3^-$ ) et Hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ).

Par contre, l'alcalinité entraînée que par les ions  $\text{OH}^-$  et la moitié des ions ( $\text{CO}_3$ ) présents dans l'échantillon est appelé le titre alcalimétrique simple (**TA**). Ce dernier est nul pour un PH d'une eau inférieure à 8.3 (**Rejsek, 2002**).

### III.2.2.7. Minéralisation globale :

La minéralisation globale correspond à la concentration de l'ensemble des sels minéraux dissous. Elle s'exprime en mg/L (**Rodier et al., 2009**). Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant, cependant elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (**Rodier, 2005**).

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (Rodier, 2009).

#### III.2.2.7.1 Les cations :

- **L'ion de Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ):**

Le calcium est l'élément présent dans toutes les eaux naturelles (Benamar *et al.*, 2011). C'est un métal alcalino-terreux très répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il existe principalement à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme sulfate, chlorure...etc. (Rodier *et al.*, 2005).

- **L'ion de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ):**

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration. Leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie) (Kemmer, 1984).

#### III.2.2.7.2. Les anion :

- **Les Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ):**

Les chlorures sont très répandu dans la nature généralement sous forme de sels du sodium ( $\text{NaCl}$ ), de potassium ( $\text{KCl}$ ) et de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) (SEVESC, 2013). Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés (Rodier *et al.*, 2005).

- **Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) :**

Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates en proportion très variables. Leur présence résulte de la solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuse et l'oxydation des sulfates répandus dans les roches (Tardat et Henry, 1992).

#### III.2.3. Les paramètres de pollution:

##### III.2.3.1 Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :

Les nitrites sont des composés intermédiaires du processus de nitrification ou de dénitrification. Ils proviennent de l'oxydation incomplète de l'azote organique sous l'action des Nitrosomonas. Ils sont très répandus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes, mais en quantités relativement faibles (Bouziyani, 2000; Savary, 2010).

##### III.2.3.2. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ):

L'azote ammoniacal se présente sous la forme toxique ( $\text{NH}_4^+$ ). Sa présence dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique ( $\text{NH}_4^+$ ). Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium

( $\text{NH}_4^+$ ) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniac ( $\text{NH}_3$ ): (Gaujous, 1995).

L'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en composé non combiné, soit sous forme ionisée (Potelon et Zysman, 1998).

### III.2.3.3. Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ):

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières (Rodier, 2005).

### III.2.4. Les paramètres indésirables:

#### III.2.4.1 Le fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ):

Le fer est un métal assez soluble que l'on peut retrouver dans l'eau et qui précipite par oxydation à l'air (Bouziati, 2000). Ce métal se classe en 4<sup>ème</sup> rang des éléments de la croûte terrestre. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 à 3 mg/jour mais 60 à 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés (Rodier *et al.*, 2005).

### III.2.5. Les paramètres bactériologiques :

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau potable. Elle se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution : les Germes totaux et les Coliformes qui vivent normalement dans les intestins humains et animaux. Les bactéries indicatrices de contamination fécale sont les Coliformes connus sous le nom d'*Escherichia Coli* (*E. Coli*), les Streptocoques fécaux et les *Clostridium* sulfito-réducteurs. Elles se multiplient très facilement et sont utilisées généralement comme germes tests de contamination fécale (Ahonon, 2011). L'eau destinée à l'alimentation humaine contient une multitude de microorganismes pathogènes ce sont des bactéries, des virus voire des champignons et des algues (Haslayc et Lcerler, 1993).

#### III.2.5.1. Les Germes totaux :

La numération des germes aérobies mésophiles ou germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Elle permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois déterminer les sources de contamination (Levallois, 2003). D'une manière générale, ce dénombrement est utilisé comme indicateur de pollution et également comme indicateur d'efficacité de traitement, en particulier des traitements physiques comme la filtration par le sol, qui devrait entraîner soit une très forte diminution de la concentration bactérienne, soit même une absence de bactéries (CEAEQ, 2000 ; El Haissoufi *et al.*, 2011).



### III.2.5.2. Les Coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme  $\beta$ -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35C° afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié (Archibald, 2000; CEAEQ, 2000; Edberg *et al.*, 2000).

Ce groupe composé des principaux genres suivants: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* (Chevalier, 2003). La plupart des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia Coli* (*E. Coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (Edberg *et al.*, 2000; OMS, 2000).

### III.2.5.3. Les Coliformes fécaux (*Escherichia coli*) :

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux ont la capacité de fermenter le lactose à une température de 44,5C°. L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E.coli*) (Elmund *et al.*, 1999; Edberg *et al.*, 2000). *E. Coli* est considérée en fait comme le meilleur indicateur de contamination fécale de l'eau (Edberg *et al.*, 2000)

### III.2.5.4. Les Streptocoques fécaux :

Les entérocoques font partie d'un groupe de bactéries naturellement présentes dans la flore intestinale des animaux et des humains, certains streptocoques fécaux sont très apparentés aux entérocoques et sont encore utilisés à titre d'indicateurs de contamination fécale (Gleeson et Gray, 1997).

### III.2.5.5. Les Clostridium sulfito-réducteurs :

Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique d'une eau d'alimentation, les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont pris en compte aussi. Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont souvent utilisés comme des témoins de pollution fécale. La forme sporulée, beaucoup plus résistante que les formes végétatives, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux permettrait ainsi de détecter une pollution fécale ancienne ou intermittente. Sans débattre de l'intérêt réel d'une telle indication concernant la date de la pollution, il faut cependant considérer que si les *Clostridium* sulfito-réducteurs peuvent certes être des germes fécaux, ce sont encore des germes telluriques et que, de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence (Rodier *et al.*, 2009).

**Chapitre 02 :**  
**La pollution de l'eau**  
**et les maladies à**  
**transmission**  
**hydrique**

## **I. Pollution de l'eau sur terre :**

### **I.1. Introduction :**

Jour après jour, le problème de la pollution de l'eau est exacerbé, et donc les taux de mortalité des organismes vivants augmentent, ce qui provoque un désordre dans le système biologique (Salmon, 2003).

Les statistiques de 2002 ont montré que 17% de la population mondiale n'avait pas accès à de bonnes sources d'eau. Dans les pays développés, le comportement adopté face à l'infection associée à la consommation d'eau infectée et contaminée est codifié de façon satisfaisante (Collège des enseignants de nutrition, 2011).

L'eau est un élément essentiel et vital dans la vie, mais ce facteur contribue grandement à la propagation et à la transmission de la pollution et des maladies qui affectent particulièrement les enfants, même s'il est parfois difficile de se prononcer sur le lien de causalité. Est donc nécessaire de veiller à sa propreté et à sa qualité de manière permanente et continue (Salmon, 2003 ; OECD, 2005).

A ce jour, les décès liés à l'eau restent une contrainte sanitaire à l'échelle mondiale (François, 2008). La contamination bactérienne, ce qui signifie la présence de micro-organismes pathogènes, est l'un des risques les plus courants pour la santé en ce qui concerne la pollution de l'eau. Malgré les traitements, certains protozoaires (*Cryptosporidium*, *Gardia*) sont résistants aux désinfectants chlorés, puis une augmentation de la teneur en nitrates intervient. On parle peu de pollution par les métaux lourds (Salmon, 2003).

### **I.2. Les sources de pollution:**

L'activité humaine de toutes sortes. Qu'elle soit industrielle, agricole ou autre, elle produit une énorme quantité de polluants de toutes sortes, et cela est illustré dans le tableau suivant (Rodier *et al.*, 2009).

**Tableau 03 : origines et natures de différentes sources de pollution de l'eau (Henaut, 2011).**

Type de pollution	Nature	Origine
<b>Physique</b>	Rejet d'eau chaude	Centrales thermiques Nucléaires
	M.E.S (matière en suspension)	Rejet bains, érosion des sols
<b>Chimique</b>	Matière organique	Effluents domestiques, agricoles, agroalimentaires.
	Fertilisants (nitrite, phosphate)	Agriculture, lessives.
	Métaux (Cd, Pb, Al, As)	Industries, agriculture, déchets.
	Composés organiques de synthèse	Industries.
	Détergents	Effluents domestiques.
	Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports.
<b>Biologique</b>	Bactéries, virus, champignons.	Effluents urbains, agricoles.

De ce fait, les trois principales sources de pollution sont :

### 1.2.1. Les polluants domestiques :

Ces autres proviennent souvent de foyers, où ils sont généralement acheminés via un réseau d'égouts, qui à son tour collecte les rejets de chaque centre d'activité, domicile ... vers une station d'épuration, elle se caractérise par :

- ✓ Des détergents.
- ✓ Des sels minéraux, dont l'azote et le phosphore.
- ✓ Des germes fécaux (Genin *et al.*, 2003).

### 1.2.2. Les polluants industrielles :

La mobilité, l'empoisonnement et les polluants industriels sont susceptibles d'avoir un impact majeur sur les ressources en eau. Les activités industrielles de divers types produisent des eaux usées caractérisées par un grand volume de polluants (Ghazt et Zaid, 2013).

Ce type de polluant est très diversifié, suivant l'utilisation de l'eau dans les procédés (refroidissement, lavage..) et l'activité de l'usine (chimie, traitement de surface, agroalimentaire, etc.), on peut donc retrouver dans l'eau, qui est un bon solvant, tous les sous-produits possibles de l'activité humaine :

- ✓ eau chaude (centrales thermiques)
- ✓ Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, abattoirs et équarrissages).
- ✓ Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques et pharmaceutiques, tanneries) (**Genin et al., 2003**).

### **1.2.3. Les polluants agricoles :**

Pollution de l'eau par ruissellement et fuite résultant des engrais et des pesticides agricoles ainsi que des métaux lourds. Elle augmente constamment avec l'utilisation fréquente de pesticides et d'engrais en excès. La pollution des cours d'eau par ces polluants est considérée comme moins nocive que la pollution des lacs avec eux (**OECD, 2008**). Au cours des années précédentes, l'industrie alimentaire était considérée comme un facteur de base et un facteur de pollution directe de l'eau. 7% des polluants phosphatés, la même proportion de polluants azotés et 2% des polluants métalliques sont contaminés (**OECD, 2008**).

La pollution de l'eau a des conséquences multiples et différentes, parmi lesquelles on mentionne:

#### **a) Les mortalités liées aux altérations physico-chimiques :**

Dans certains cas, les changements ou les soi-disant modifications physiques et chimiques deviennent toxiques et nocifs pour les organismes qui se trouvent dans l'environnement. Parmi ces modifications, il y a le manque d'oxygène. Ce phénomène a des effets désastreux sur la diversité biologique et les poissons sont particulièrement touchés par cette carence (**Le service public d'information sur l'eau, 2019**).

#### **b) Les effets toxiques sur les êtres vivants :**

La pollution de l'eau n'est pas toujours visible car elle est souvent peu claire ou pure. L'eau peut contenir des polluants de grande gravité sur notre corps où ils peuvent être des microorganismes, génotoxiques ou encore neurotoxiques (**Goudet et Kowalski, 2011**). Dans un autre contexte en matière de toxicité, on distingue deux types:

- **Toxicité aiguë:** Dans le cas où le corps absorbe une grande quantité de substance toxique, ce qui peut provoquer des déchets partiels ou totaux pour les organismes présents dans l'environnement pollué.

- **Toxicité chronique:** si l'organisme est exposé à de petites quantités de polluants à long terme, il provoque des maladies ou même des défauts d'organes, et il affecte parfois la reproduction (**Le service public d'information sur l'eau, 2019**).

**c) L'eutrophisation des milieux :**

L'eutrophisation est le phénomène le plus important dans l'écosystème aquatique. Cela est dû à un apport excessif de nutriments, qui conduit à la propagation de grandes algues vertes et à la prolifération de bactéries bleues toxiques dans les rivières et les lacs, ce qui à son tour augmente considérablement la consommation d'oxygène et, par conséquent, la mort d'organismes vivants (**Pinay et al., 2018**).

**II. Les maladies à transmission hydriques :**

80% de toutes les maladies dans les pays en développement sont causées par des maladies d'origine hydrique. Les maladies liées à l'eau sont des maladies qui se transmettent par les eaux usées et l'eau contaminée, que ce soit pour l'homme ou l'animal et qui entrent dans ses utilisations quotidiennes telles que la boisson ou la cuisson (**Food And Agriculture Organization Of United Nations, 2005**).

Les risques posés par l'eau potable sont divisés en trois groupes, qui sont organisés comme suit:

Risques à court, moyen et long terme, où la quantité d'eau et la durée de sa consommation sont responsables de la détermination du risque (**Montiel, 2004**).

**Tableau 04:** Principales infections humaines transmissibles par l'eau (Hartemann, 2004)

<b>Pathologies</b>	<b>Agent Responsable</b>	<b>Origine la plus Fréquente</b>
<b>Pathologie digestive</b> *Fièvres typhoïde * Gastro-entérites *Choléra * Hépatites A, E	* <i>Salmonella typhi</i> (PARA A – B). *Bactéries :( <i>E.coli</i> , <i>Salmonella sp</i> , <i>Shigella sp</i> , <i>Yersinia</i> , <i>Campylobacter</i> ) *Parasites :( <i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> ) * <i>Vibrio cholerae</i> *Virus	*Aliments, Eau de boisson *Aliments crus *Baignades *EB, Aliments
<b>Pathologie respiratoire-ORL</b> *Légionellose *Mycoses pulmonaires *Affections ORL	* <i>Legionella sp.</i> * <i>Aspergillus sp.</i> *Adénovirus, Rhinovirus.	*Eaux aérosolisées Compostage *Piscines *Baignades
<b>Pathologie cutané muqueuse</b> *Dermatomycoses *Candidoses *Leptospirose *Suppurations Bactériennes *Dermatites	<b>Dermatophytes</b> <b>Candida albicans</b> * <i>Dermatophytes.</i> * <i>Candida albicans.</i> * <i>Leptospire.</i> * <i>Streptocoque hémolytique du groupe A</i> , <i>Staphylococcus</i> , <i>Pseudomonas.</i> * <i>Furcocercaires.</i>	*Métiers au contact de l'eau : piscines, baignades, eaux usées, terrassement

**II.1. Les maladies d'origine bactérienne :**

L'eau de surface est chargée de nombreux types de micro-organismes, comme les bactéries, les virus ... Ces eaux peuvent transmettre de nombreuses maladies bactériennes si elles sont consommées ou utilisées par l'homme (Collectif, 2002 ; Brière, 2012).

**II.1.1. Le choléra :**

Le choléra est une maladie infectieuse qui a été trouvée en particulier lors de crises, telles que les guerres et les catastrophes naturelles..., et est une maladie diarrhéique causée par la bactérie du *vibron cholérique* (Brière, 2012 ; Gentilini, 2012). Les *vibrions cholérique* sont des bactéries Gram négatif, très mobiles, de forme virgule. Les symptômes du choléra sont une diarrhée aqueuse accompagnée de vomissements, dans certains cas, il peut provoquer une déshydratation sévère et la mort due à un traumatisme causé par une hypovolémie dans une période ne dépassant pas 24 heures (Gentilini, 2012; Bouchaud *et al.*, 2019).

**II.1.2. La fièvre typhoïde :**

0,5% de la population mondiale souffre chaque année de la fièvre typhoïde, qui demeure une grave barrière pour la santé. Cette infection est particulièrement fréquente sous les tropiques (Rogeaux, 1991 ; Rampal *et al.*, 2002). La fièvre typhoïde est une maladie humaine assez grave, transmise par la bouche, elle est donc étroitement liée à l'hygiène de l'eau, le diagnostic est souvent difficile. Les symptômes incluent des troubles gastro-intestinaux ou du système nerveux (Rogeaux, 1991).

**II.1.3. La dysenterie :**

La dysenterie est une maladie causée par certains micro-organismes qui peuvent endommager la paroi intestinale, ce qui l'empêche de remplir sa fonction de réabsorption de l'eau dans les selles. L'un des principaux symptômes est une diarrhée sévère. La dysenterie est généralement autodéterminée chez les adultes en bonne santé (Rampal *et al.*, 2002 ; Lebeau, 2010).

**II.1.4. La gastro-entérite :**

Une maladie connue sous le nom d'inflammation intestinale, généralement causée par des virus et parfois des bactéries, ces micro-organismes tels que (*la salmonelle, la shigella* ...), sont transmis par la nourriture ou l'eau contaminée (Masschelein, 1996 ; Hordé, 2014). Cette infection affecte les muqueuses de l'intestin et de l'estomac et est une cause fréquente de maladie pour les enfants de moins de 3 ans (Descheemaeker et Provoost, 2002).

Un traitement efficace a été prouvé pour les patients atteints de gastro-entérite, en utilisant des probiotiques ou des préparations qui rétablissent l'équilibre des bactéries intestinales efficaces (Delvaux, 2005).



### **II.1.5. Légionnelles :**

Agent causal de maladie des légionnaires, cette affection a été mise en évidence pour la première fois en 1976 après l'épidémie survenue lors de la Philadelphia Vétérans Conférence (**Vilaginès, 2003 ; Cardinaels, 2014**).

### **II.2. Les maladies d'origine virale :**

Les maladies virales sont différentes et multiples, notamment:

#### **II.2.1. L'hépatite A :**

L'hépatite infectieuse, associée au virus du même nom HAV, est une bactérie fabriquée par ARN, de petite taille et constituée de 7500 nucléotides. Cette maladie affecte particulièrement les enfants et les jeunes adultes (**Ruffie, 1993 ; Chapel et al., 2004**).

Le virus HVA se trouve dans les selles des personnes infectées et peut être transmis lors des rapports sexuels (**Brémaud, 2006**). 3/4 des patients atteints du virus de l'hépatite A présentent les symptômes suivants: nausées douleurs abdominales, fièvre, perte d'appétit ... (**Brémaud, 2006**). Le contrôle épidémiologique de cette maladie repose principalement sur la disponibilité d'un bon système d'assainissement et sur l'hygiène personnelle (**Chapel et al., 2004**).

#### **II.2.2. La poliomyélite :**

La poliomyélite, une maladie qui cible le système nerveux central, est une infection virale causée par le *poliovirus*, une fois qu'il pénètre dans le corps par la bouche, il s'installe dans l'intestin ou par fois dans le pharynx. Cette maladie peut toucher tous les groupes d'âge des personnes qui n'y sont pas immunisées (**World Health Organization, UNAIDS, 2010**). En 1953, **Salk** a vacciné les personnes contre le virus de la poliomyélite, qui est désactivé par le formol (**Chamberlin, 2016**).

Il existe deux types de vaccin contre cette maladie: le vaccin OPV, qui contient 3 types de *poliovirus* atténué, et le vaccin inactivé (IPV) qui est injecté (**World Health Organization, UNAIDS, 2010**).

### **II.3. Les maladies d'origine parasitaire :**

Semblable aux maladies susmentionnées, il existe épidémies d'origine hydrique dues à des parasites par exemple: *l'ankylostomose, le téniasis ... etc.*

#### **II.3.1. La cécité des rivières :**

La cécité des rivières, ou onchocercose, est une maladie parasitaire. Il est répandu dans le monde entier, mais il est plus répandu sous les tropiques (**Archie, 2006 ; Yaméogo, 2019**). Cette maladie est causée par *la filariose* transmise à l'homme par un moucheron sombre qui se développe dans les courants rapides de la rivière. Cette maladie provoque des

dommages graves et sévères à la peau et aux yeux, ce qui, à son dernier stade, conduit à une cécité totale (**Papy, 2010**).

Les personnes atteintes de la maladie ont une démangeaison infernale de différents niveaux, et cela est dû à la mort naturelle constante des microfilaires dans la peau, ce qui peut entraîner des infections bactériennes secondaires, des saignements, de la fièvre et des maux de tête ... Cependant, 10% des patients n'ont pas de symptômes clairs (**Duvallet et al., 2017**).

### **II.3.2. La schistosomiase :**

La schistosomiase est une maladie en pleine expansion. Elle occupe le deuxième rang après le paludisme dans la liste des maladies répandues dans le monde, où les statistiques donnent des résultats effrayants à cet égard, 600 millions de personnes risquent de contracter cette maladie dans le monde, tandis que le nombre de personnes infectées atteint près de 300 millions et un million de décès Inscrit annuellement (**Parbet, 2003**). La schistosomiase, ou ce que nous appelons la bilharziose, une maladie qui se transmet par les mollusques d'eau, où elle peut s'infiltrer dans le corps humain par des blessures ou s'ils boivent, nagent ou se lavent avec de l'eau contaminée (**Ojwag, 2003**).

L'eau douce est connue pour être fortement contaminée par l'organisme responsable de la schistosomiase. Cette maladie est causée par un ver qui a la capacité d'infiltrer le corps de plusieurs façons, attaquant le système nerveux et le foie et donc difficile à traiter, il est donc préférable d'éviter de se baigner dans de l'eau douce (**Rigole et Langlois, 1999**).

### **II.3.3. Le paludisme :**

Le paludisme est un grave problème de santé publique, étant la maladie infectieuse la plus mortelle au monde. La distribution et la gravité du paludisme diffèrent également en raison de plusieurs facteurs, tels que les agents pathogènes, l'environnement et les vecteurs. 90% des décès par *Plasmodium falciparum* affectent négativement et significativement l'Afrique tropicale (**Mouchet, 2004**).

Le paludisme (mauvais air) est une infection qui cible les globules rouges en raison d'une présence sanglante du genre *Plasmodium*, transmise par une femelle moustique Anophèle (**Pichard, 2002**).

## **III. Les risques liés à la présence des substances chimiques dans l'eau :**

L'eau permet à la vie d'une personne de survivre, car le corps prend une grande partie des éléments minéraux de l'eau. Cependant, une pénurie ou un excès de certains éléments peut poser de nombreux risques pour la santé, directement ou indirectement (**Damus, 2016**).

Les effets sont souvent à moyen ou long terme et peuvent prendre de nombreuses formes différentes (**Savary, 2010**).

En ce qui concerne les effets à moyen terme, des maladies causées par le fluor (empoisonnement au fluor) ont été identifiées, tout comme le phénomène de conversion des nitrates en nitrite dans l'estomac, ce dernier pouvant convertir l'hémoglobine en méthémoglobine qui n'aide pas à stabiliser l'oxygène, et c'est ce qui provoque la cyanose surtout chez les nourrissons (**Laferriere et al., 1995**). Le problème des effets à long terme résultant de la fusion des substances chimiques dans l'eau est qu'elles n'apparaissent qu'après une longue période de temps après leur exposition, et c'est une grande préoccupation et une peur qu'elles aient des effets toxiques cumulatifs, tels que les métaux lourds (plomb, cadmium).

Par exemple, les enfants exposés à de petites doses de plomb, ayant une maladie caractérisée par divers troubles irréversibles souvent, et les polluants fins qui perturbent le développement et la reproduction (**Hespanhol et Helmer, 2000**).

#### **IV. Les risques liés au manque d'eau :**

La terre se caractérise par la présence d'énormes masses d'eau à sa surface, mais les humains manquent d'eau car ce dont ils ont besoin n'est pas seulement de l'eau, mais plutôt une bonne eau douce pour l'irrigation, le lavage ... et bonne pour boire et cuisiner (**Abouy, 2008**). Environ 1,2 milliard de personnes souffrent de pénuries d'eau, ce qui pourrait atteindre deux milliards en 2025. Aucune créature vivante ne peut survivre sans eau, et une personne en a exactement besoin sévèrement dans différents domaines de la vie, mais notre pays n'est pas Soif (**Louis et Ballif, 2010**).

Les concepts de pénurie d'eau diffèrent d'une catégorie à l'autre. Pour ceux qui cherchent à trouver et à transporter de l'eau, ces distances lointaines et le manque d'accès à l'eau, tandis que les agriculteurs considèrent les pénuries d'eau comme une famine lorsque les sécheresses détruisent leurs cultures (**Conant, 2005**). Le manque d'eau a plusieurs effets négatifs sur la santé humaine et les symptômes de cette carence, une mauvaise concentration, des maux de tête, de la fatigue et de la constipation parfois et à plusieurs reprises de décès.

23 enfants décès de moins d'un an meurent chaque seconde à cause de maladies liées au manque d'eau (**Vautrin, 2005 ; Louis et Ballif, 2010**).

#### **V. Gestion des risques hydriques :**

Concernant la crise mondiale de l'eau dans laquelle nous vivons actuellement, il semble que la gestion intégrée des ressources en eau reste le refuge et la solution la plus appropriée et la seule pour la surmonter (**Julien, 2012**).

L'Algérie s'est engagée en 2002 dans une politique équilibrée de distribution et de mobilisation des ressources en eau, qui a largement contribué à répondre à ses besoins en eau,

et cette politique s'est basée notamment sur la mobilisation de nouvelles ressources (**Benblida, 2011**). En 2014, l'Algérie compte 70 descendants et 84 autres, leur capacité varie entre 7,3 et 8,9 milliards de mètres cubes, ces réalisations importantes enregistrées dans ce domaine ont contribué à une augmentation du taux moyen de raccordement au réseau d'eau et de manière significative (**Arif et Doumani, 2013**).

La gestion de l'eau est confrontée à un problème dans le cas des versants ou des terroirs, il est nécessaire de doubler le travail avec un réseau de fausses ou du rigoles afin de collecter et de détourner l'eau à la fin, afin de protéger les champs cultivés du ruissellement de la source (**De noni et al., 2001**).

**Deuxième partie :  
expérimentale.**

# **Chapitre 03 :**

## **Matériel et méthodes**

Dans ce chapitre, nous allons résumer le protocole analytique utilisé durant la partie pratique de cette étude. L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physicochimiques et bactériologiques de l'eau de consommation de quelques sources naturelles des communes de la wilaya Tlemcen. Ces analyses ont été réalisées au sein du laboratoire de l'ADE Tlemcen.

L'objectif de cette étude est la caractérisation et l'évaluation de la qualité des eaux des sources situées dans la région de «Tlemcen» en les comparant à l'eau de référence en Algérie (**ifri**) et (**Lalla khadidja**).

L'étude de qualité de l'eau de source comporte trois étapes :

\*Prélèvement, échantillonnage.

\*Analyse.

\*Interprétation.

Les techniques d'analyses utilisées sont celles décrites par (**Rodier, 2009**).

#### **I. Présentation du lieu de stage l'ADE :**

L'entreprise est appelée actuellement l'Algérienne Des Eaux (**ADE**) et cela est à partir de l'année **2001**, l'unité de Tlemcen est une sous division du service **AEP** de la zone d'Oran **ADE (EPEOR)**.



**Figure 04** : Photo de l'algérienne des eaux de la wilaya de Tlemcen.

L'algérienne des eaux (ADE), unité de Tlemcen gère actuellement **44** communes sur les **53** de la wilaya qui représente une population de **63454** habitants, l'alimentation en eau potable à travers la wilaya est classée en quatre groupes en fonction de la situation géographique des ressources mobilisées et de la conception des réseaux et infrastructures hydraulique existantes.

Son rôle consiste en l'exploitation des ressources en eau, le traitement et le contrôle de la qualité de l'eau potable ainsi que sa distribution. Elle est placée sous la tutelle du Ministère des ressources en eaux.

### **I.1. Les missions de l'établissement :**

L'établissement a pour mission :

- ✓ La production et le traitement des eaux.
- ✓ L'approvisionnement en eau des agglomérations relevant de sa compétence.
- ✓ Exploitation des ressources en eau.
- ✓ La gestion et maintenance des réseaux de distribution de l'eau.
- ✓ La gestion des données et l'application de la tarification des consommations d'eau.
- ✓ La réalisation de toutes études techniques, technologiques et financières en rapport avec son objet.
- ✓ La construction, l'installation ou l'aménagement de tous moyens industriels pour son propre compte ou pour le compte des tiers.
- ✓ L'application des clauses du cahier des charges approuvé par arrêté conjointement du ministère de l'hydraulique, du ministère des finances et du ministère de l'intérieur.

### **I.2. Types de contrôle effectués par le laboratoire :**

- **Le contrôle de la désinfection :**

Il consiste à contrôler la teneur en chlore résiduel.

- **Le contrôle physico-chimique :**

Les paramètres à évaluer dans les analyses physico-chimique sont présentés dans ce qui suit :

**\*Paramètres organoleptiques :** Odeur, saveur et couleur.....etc.

**\*Paramètres physico-chimiques :** La température, le pH, la turbidité, la conductivité.

**\*Paramètres de Minéralisation globale :** Dureté totale, le calcium, le magnésium titre alcalimétrique simple, titre alcalimétrique complet, les chlorures, et les sulfates.

**\*Paramètres de pollutions :** Les nitrites, ammoniums et les phosphates.



**\*Paramètres indésirable :** le fer.

- **Le contrôle bactériologique :**

Ce contrôle sert à vérifier la qualité bactériologique de l'eau distribuée par la recherche des germes indicateurs de pollution.

## **II. Echantillonnage et mode de prélèvement:**

Les échantillons sont pris dans des flacons en verre de 250ml stérilisés pour ceux destinés à l'analyse bactérienne et dans des flacons en plastiques de 1,5 litre bien nettoyés pour les analyses physicochimiques.

Le prélèvement d'un échantillon est une opération très délicate à laquelle un grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenue sans modifier les caractéristiques de l'eau.

La température de l'eau est toujours mesurée au moment du prélèvement, au même endroit et la lecture se fait à l'aide d'un thermomètre à mercure gradué.

### **a) Pour le prélèvement d'analyse physico-chimique :**

La source coule à travers un grand tuyau qui permet de remplir directement les bouteilles en polyéthylène téréphtalate (**P.E.T**) de volume 1.5 L ont été rincées 3 fois avec l'eau de source à prélever, puis remplies totalement et éviter la présence des bulles d'air.

### **b) Pour le prélèvement d'analyse bactériologique :**

Dans le cas d'analyse bactériologique, nous avons utilisé des flacons en verre de 250 ml on laisse donc l'eau couler pendant un certain moment au voisinage d'une flamme puis on remplit les flacons en verre doit être :

- Préalablement nettoyés et stériles au laboratoire.
- Les flacons ont été remplis au  $\frac{3}{4}$  du volume, afin de maintenir en vie les bactéries aérobies et d'assurer leur agitation avant analyse.
- Une zone stérile a été créée, en flambant les alentour de site d'échantillonnage avec une flamme (coton imbibé d'alcool maintenu avec les ciseaux)
- Le goulot du flacon et le bouchon ont été rapidement flambés avant et après remplissage Les flacons ont été remplis au  $\frac{3}{4}$  du volume, afin de maintenir en vie les bactéries aérobies et d'assurer leur agitation avant analyse.

### **c) Point d'échantillonnage :**

Les prélèvements ont été effectués aux niveaux de :

**Tableau 05** : Présentation des points d'échantillonnages des quatre sources.

N° sources	Origine de prélèvement	Date et Heure	Température °C
1	Captage Sidi Medjahed (SM)	16/02/2020 à 08h49min	17,9
2	Captage Dar Ben Tata (DBT)	16/02/2020 à 10h20min	17,8
3	Fontaine Ain Defla (AD)	16/02/2020 à 09h59min	18,1
4	Fontaine Ain El Kbira (AK)	16/02/2020 à 10h30min	18

**d) Identification, transport et conservation des échantillons :**

Les échantillons prélevés ont été identifiés. Chaque flacon doit porter une étiquette indiquant :

- \*L'origine de l'eau.
- \*La date et l'heure de prélèvement (16/02/2020).
- \*La température de l'eau, le nom du point et la localisation précise.

L'analyse doit être effectuée le plus vite possible en transportant les échantillons dans des glacières qui permettent d'assurer une conservation satisfaisante de l'échantillon est le protégé contre les rayonnements solaires à une température comprises entre 4 et 6°C, car la variation de cette dernière est susceptible de modifier la population bactérienne.

**II.1. Matériels et produits utilisés au niveau de laboratoire de l'ADE :****a) Appareillage :**

- \*Turbidimètre **HACH TL 2300**.
- \*pH-mètre et électrodes en verre **AD 1000**.
- \*Conductimètre **HACH HQ14d**.
- \*Spectrophotomètre **HACH ODYSSEY DR 2800**.
- \*Balances analytiques.
- \*Etuves (22°C, 37°C et 44°C).
- \*Etuves réfrigérées.
- \* Chronomètres.
- \* Bec Bunsen.
- \*Rampes de filtration à six postes.
- \*Autoclave.
- \*Agitateurs magnétiques.
- \*Barreau magnétiques.

**b) Verreries:**

\*Pipettes graduées : **1ml ,2ml, 5ml, 10ml, 50ml.**

\*Béchers, erlenmeyers, fioles jaugées, flacons, cuves carrées.

\* Burette+ Support, spatule en inox.

**II.2. Méthodes d'analyses organoleptiques :**

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement.

**II.2.1. Test de la couleur :**

La couleur a été par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplis d'eau prélevée des sources.

**II.2.2. Test de l'odeur et de la saveur :**

- L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive.
- La saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation.

**II.3. Méthodes d'analyses physico-chimiques :**

Cette analyse est divisée sur trois parties la première est l'analyse partielle elle se fait sur les échantillons prélever et la deuxième est l'analyse complète se fait sur les réservoirs et la troisième c'est l'analyse spectral, le but de ces analyses est l'auto contrôle des eaux potable avant consommation.

**II.3.1. L'analyse électrochimique (partielle) :**

La détermination des paramètres électrochimiques, nécessite l'utilisation de certains appareils qui seront cités par la suite :

**II.3.1.1. Mesure de la température :**

La température de l'eau est mesurée sur site avec un thermomètre précis, gradué au 1/10 de degré, la lecture est faite après une immersion de 10 minutes (**Rodier et al., 2009**).

**II.3.1.2. Mesure du potentiel d'hydrogène pH :**

La mesure du pH est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé.

**II.3.1.3. Mesure de la conductivité électrique (CE) :**

La mesure de la conductivité électrique est effectuée grâce à un conductimètre à l'électrode constitué de deux lames carrées de 1 cm de côté en platine, on émerge complètement l'électrode dans l'eau à analyser. Les résultats sont affichés directement sur l'afficheur en micro siemens par centimètre.

#### II.3.1.4. Mesure de la turbidité :

Elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser. Elle donne le résultat en Néphélométrie Turbidity Unité (NTU) (Rodier *et al.*, 2009).

#### II.3.2. L'analyse complète (volumétrique) :

**II.3.2.1. Dosage de la dureté totale TH (Titre hydrométrique) et la dureté calcique et magnésienne :**

##### a) Dureté totale TH :

Cette méthode permet de doser rapidement les ions calcium et magnésium ; avec certaines précautions, elle est appropriée à la plupart des types d'eaux, elle s'exprime en TH (degré hydrotimétrique).

Elle se détermine par titrage par l'EDTA (**Acide Ethylène Diamine-tétra-Acétique**) à **0,02N (pH= 10)** qui permet de doser rapidement les ions, en utilisant NET (**Noir d'ériochrome**) comme un indicateur coloré de fin de réaction qui vire du violet au bleu, elle s'exprime en **mg/L**.

##### Remarque :

L'EDTA (**Acide Ethylène Diamine-tétra-Acétique**) de formule  $C_{10}H_{16}N_2O_8$ , se lie à des ions métalliques pour donner des complexes donnant une couleur à la solution en présence d'un indicateur coloré.

- **Réactif utilisés, mode opératoire :** (ANNEXE 02).
- **Expression des résultats :**

$TH = (N(EDTA) \times V(EDTA)) \times 1000 / V_0$  en meqg.

**TH :** C'est le titre hydrométrique en meqg (1 meqg = 5 °F)

**N(EDTA) :** Normalité d'EDTA ;

**V(EDTA) :** Volume d'EDTA ;

**V<sub>0</sub> :** Volume de l'échantillon.

##### b) Dureté calcique (Ca<sup>2+</sup>) :

La dureté calcique est la concentration des ions calcium. Elle se détermine par titrage par l'EDTA comme un complexant, ce dosage se fait en présence de MUREXIDE.

L'EDTA réagit d'abord avec les ions calcium libres, puis avec les ions calcium combiné avec l'indicateur coloré, qui va alors de la couleur rose à la couleur violette (Rodier *et al.*, 2009).

- **Réactifs utilisés, mode opératoire** (ANNEXE 02).
- **Expression des résultats :**

$$[\text{Ca}^{2+}] = (\text{N}(\text{EDTA}) \times \text{V}(\text{EDTA})) \times 1000/\text{V}_0 \times 20 \text{ (en mg/L)}.$$

**c) Dureté magnésienne ( $\text{Mg}^{2+}$ ) :**

C'est la concentration en ions magnésium. Elle se détermine par titrage par l'EDTA à **pH=10**. Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne et la dureté calcique exprimé en  $\text{CaCO}_3$ .

$$\text{TH} = \text{T Ca}^{2+} + \text{T Mg}^{2+} \quad \Longleftrightarrow \quad \text{T Mg}^{2+} = \text{TH} - \text{T Ca}^{2+} \text{ (en mg/L)}$$

**TH:** Dureté totale ;

**T  $\text{Ca}^{2+}$ :** Dureté calcique;

**T  $\text{Mg}^{2+}$  :** Dureté magnésienne. (Rodier *et al.*, 2009).

**II.3.2.2. Détermination de l'alcalimétrie (TA) :**

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (**HCL**), dilué en présence de la phénophtaléine.

Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ).

- **Réactifs utilisés, mode opératoire** (ANNEXE 02)
- **Expression des résultats :**

$$\text{TA} = (\text{N}(\text{HCL}) \times \text{V}(\text{HCL})) \times 1000/\text{V}_0 \text{ en meqg.}$$

**N(HCL) :** Normalité d'HCL;

**V(HCL):** Volume d'HCL;

**V<sub>0</sub> :** Volume de l'échantillon.

**II.3.2.3. Détermination du Titre Alcalimétrique complet (TAC):**

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (**HCL**), dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau.

- **Réactifs utilisés, mode opératoire :** (ANNEXE 02).
- **Expression des résultats**

$$\text{TAC} = (\text{N}(\text{HCL}) \times \text{V}(\text{HCL})) \times 1000/\text{V}_0 \text{ en meqg.}$$

**N(HCL):** Normalité d'HCL ;

**V(HCL):** Volume d'HCL ;

**V<sub>0</sub> :** Volume de l'échantillon.

**\*Détermination de  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{CO}_3^-$ :**

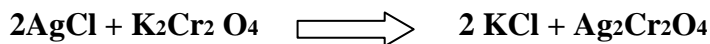
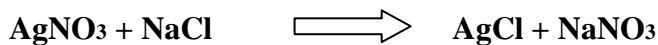
$$[\text{HCO}_3^-] = \text{TAC} * 1.22 \text{ mg/L.}$$

$$[\text{CO}_3^-] = \text{TA} * 0.6 \text{ mg/L.}$$

**II.3.2.4. Dosage des ions chlorures (méthode de Mohr) :**

La détermination des chlorures se fait par la méthode de Mohr. Les chlorures sont dosés en milieu neutre **pH= 6,7** ou **7** par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. Lorsque la réaction est terminée l'excès de nitrate d'argent donnera un précipité de la teinte rouge brique caractéristique du chromate d'argent.

Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre **5** et **9,5** afin de permettre la précipitation.



- **Réactifs utilisés, mode opératoire (ANNEXE 02).**
- **Expression des résultats :**

$$[\text{Cl}^-] = (\text{N}(\text{AgNO}_3) \times \text{V}(\text{AgNO}_3)) \times 1000/\text{V}_0 \times 35.45 \text{ (en mg/L).}$$

**N(AgNO<sub>3</sub>)** : Normalité d'AgNO<sub>3</sub>;

**V(AgNO<sub>3</sub>)** : Volume d'AgNO<sub>3</sub>;

**V<sub>0</sub>**: Volume de l'échantillon.

**II.3.3. L'analyse spectrale :**

Dans l'ensemble des analyses basées sur la spectrophotométrie d'adsorption moléculaire (méthode analytique quantitative), l'appareillage utilisé est le spectrophotomètre **DR 2800**.

L'absorption moléculaire est un processus qui se produit lorsqu'un atome appartenant à l'état fondamental passe à l'état excité, par l'absorption d'une énergie, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, qui correspond à une longueur d'onde spécifique.

**II.3.3.1. Dosage des ions sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) par spectrophotomètre UV visible :**

Pour doser les sulfates on utilise la méthode turbidimétrique. Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique (entre l'ion sulfate et le chlorure de baryum), qui conduit quantitativement à la formation d'un précipité ainsi stabilisé à l'aide d'une solution stabilisante. On obtient des suspensions homogènes qu'on peut passer au spectrophotomètre d'absorption moléculaire à la longueur d'onde **450nm**.

- **Réactifs utilisés, mode opératoire** (ANNEXE 03).

#### **II.3.4. Les paramètres de pollutions :**

Le mode opératoire des paramètres de pollution a été mentionné dans Annexe3. Selon le programme **HACH**.

##### **II.3.4.1. Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) par spectrophotomètre UV visible :**

Le nitrite présent dans l'échantillon réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Ce dernier se combine à l'acide chromo tropique pour produire un complexe de couleur rose dont l'intensité est directement proportionnelle à la concentration de nitrite dans la solution. La lecture est obtenue à **507 nm**.

- **Réactifs utilisés, mode opératoire** (ANNEXE 03).

##### **II.3.4.2. Dosage de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) par spectrophotomètre UV visible :**

Le stabilisateur minéral complexe la dureté de l'échantillon. Le dispersant à l'alcool polyvinylique favorise la coloration lors de la réaction du réactif au Nessler avec les ions d'Ammonium. La coloration jaune est proportionnelle à la concentration en ammoniacque. La lecture est obtenue à **425 nm**.

- **Réactifs utilisés, mode opératoire** (ANNEXE 03).

##### **II.3.4.3. Dosage de phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) par spectrophotomètre UV visible :**

En milieu acide l'orthophosphate réagit avec le molybdate dans le réactif Phos Ver 3 pour former un complexe phosphomolybdate qui réduit par l'acide ascorbique contenu dans le réactif Phos Ver 3 et développe une coloration bleue proportionnelle à la concentration de phosphanate présente dans l'échantillon initial. La lecture est obtenue à 880 nm par une spectrophotométrie d'absorption moléculaire.

- **Réactifs utilisés, mode opératoire** (ANNEXE 03).

##### **II.3.4.4. Dosage de fer total par spectrophotomètre UV visible :**

L'ion ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) forme avec la phénanthroline, un complexe rouge qui est utilisé pour la détermination de faibles concentrations de fer. Le réactif pour Ferro Ver convertit la totalité du fer soluble et la plus grande partie du fer insoluble de l'échantillon en fer ferreux soluble. Le fer ferreux réagit avec la 1.10 phénanthroline (indicateur) du réactif pour développer une coloration orange proportionnelle à la concentration de fer. La lecture est obtenue à **510 nm**.

- **Réactifs utilisés, mode opératoire** (ANNEXE 03).

#### II.4. Méthodes d'analyses bactériologiques :

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'ADE de Tlemcen, consistent à la recherche et le dénombrement : des germes totaux, des coliformes totaux et fécaux, des streptocoques fécaux et des *Clostridium* sulfito-réducteurs.

Les prélèvements pour les analyses microbiologiques ont été faits rigoureusement avec toutes les conditions d'asepsie nécessaires dans des flacons stériles en verre de 250 ml, selon l'ordre des étapes suivantes :

- \*Laver correctement les mains et les désinfecter avec l'alcool ;
- \*Ouvrir le robinet de prise d'échantillon ;
- \*Laisser couler l'eau afin d'évacuer l'eau stagnante dans la conduite ;
- \*Flamber jusqu'à ce que le robinet devient brulant pour détruire les impuretés et bactéries ;
- \*Flamber le goulot du flacon avant et après remplissage, éviter de toucher le goulot ou de faire tomber le bouchon ;
- \*Maintenir la flamme près du robinet et ouvrir ce dernier à un débit moyen ;
- \*Laisser couler pendant au moins une minute pour refroidir le robinet avant de prélever l'échantillon.
- \*Puis prélever et étiqueter l'échantillon.

##### a) Principe de la technique de la membrane filtrante :

La méthode utilisée est la rompe de filtration (filtration sur membrane). Cette technique consiste à faire passer un certain volume d'échantillon (dans notre étude un réservoir de 100 ml d'eau à analyser) à travers d'une membrane filtrante (une membrane Millipore de 0,45  $\mu\text{m}$ ) sur laquelle sont retenus les microorganismes recherchés. Après filtration, la membrane est alors posée sur la surface d'un milieu gélosé spécifique du germe à rechercher, face portant les microorganismes vers le haut.

Après incubation, comme dans le cas de la numération en milieu gélosé, on compte les colonies formées à la surface du filtre.

Le principe de la culture sur un milieu solide est que chaque bactérie donne naissance après incubation à une colonie repérable macroscopiquement. L'unité est exprimé en UFC/ Volume c'est-à-dire unité formant colonie par unité de volume. Par contre la culture en milieu liquide consiste d'estimer la présence ou l'absence des microorganismes.





**Figure 05 :** La rampe de filtration.

#### **II.4.1. Recherche et dénombrement des germes totaux :**

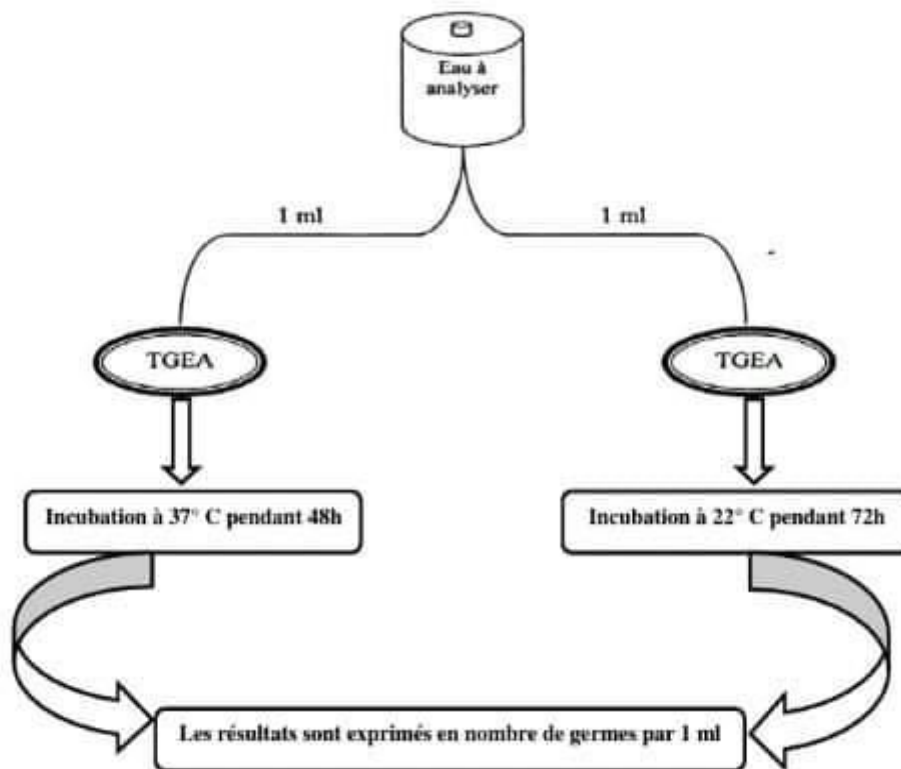
Pour le dénombrement des germes totaux, on utilise la gélose nutritive TGEA comme milieu de culture.

On prépare deux boîtes de Pétri qui seront incubées de 48h à 72h, l'une à 37° et l'autre à 22°. Chacune d'elle contient 20 ml de la gélose nutritive.

- **Mode opératoire :**
- On prend deux boîtes de Pétri stériles pour chaque échantillon et on note sur chaque boîte le nom d'échantillon, la date et la température d'incubation.
- Près d'un bec benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boîte.
- On fait couler la gélose préalablement fondue et refroidie à 45 °C.
- On agite doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène.
- On incube une boîte à 37 °C pendant 48 heures et l'autre à 22 °C pendant 72 heures.
- **Expression des résultats :**

Après incubation, les boîtes ayant un nombre de colonies entre 30 et 300 sont seulement prises en considération. Le dénombrement des colonies est effectué par l'œil nu.

Nos résultats sont exprimés en unité formant colonie UFC/mL.



**Figure 06:** Recherche et dénombrement des germes totaux.

#### II.4.2. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et d'*E. Coli* :

Pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux, nous avons utilisé la méthode par ensemencement en milieu solide en gélose lactosée au Tergitol 7 et TTC comme milieu de culture, (test présomptif sur milieu TTC, et pour test confirmatif sur BLBVB...).

- **Mode opératoire :**

- **1ère étape : Test présomptif :**

- ✓ On prend quatre boîtes de Pétri stériles et on note sur chaque boîte le nom d'échantillon, la date et la température d'incubation.
- ✓ Près d'un bec benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boîte.
- ✓ On fait couler la gélose préalablement fondue et refroidie à 45 °C.
- ✓ On agite doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène.

- ✓ Les boîtes des coliformes totaux, sont incubées à 37°C pendant 48h.

#### **2ème étape: Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*E. Coli*.**

- ✓ A partir de chaque boîte positive on repique 2 à 3 gouttes par une anse bouclée ou une pipette pasteur dans une boîte de gélose BLBVB.
- ✓ On incube à 44 °C pendant 24 heures, les boîtes considérées comme positives seront ceux qui présentent à la fois un développement bactérien avec une coloration jaune orangé.
- ✓ On compte les colonies en marquant chaque colonie sur le fond de la boîte avec un marqueur indélébile.
- **Expression des résultats :**  
Après incubation, sont considérées comme positives, les boîtes ayant des colonies caractéristiques de couleur jaune orangée avec un halo jaune.

#### **II.5.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :**

Le milieu Slanetz est un milieu de dénombrement des streptocoques fécaux. Il contient l'azide de sodium qui inhibe les Gram négatifs et sélectionne les streptocoques. La réduction de la TTC donne une coloration rose aux bactéries.

Comme pour les coliformes on utilise la technique de filtration sur membrane mais la culture se fait sur le milieu de cultures Slanetz et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

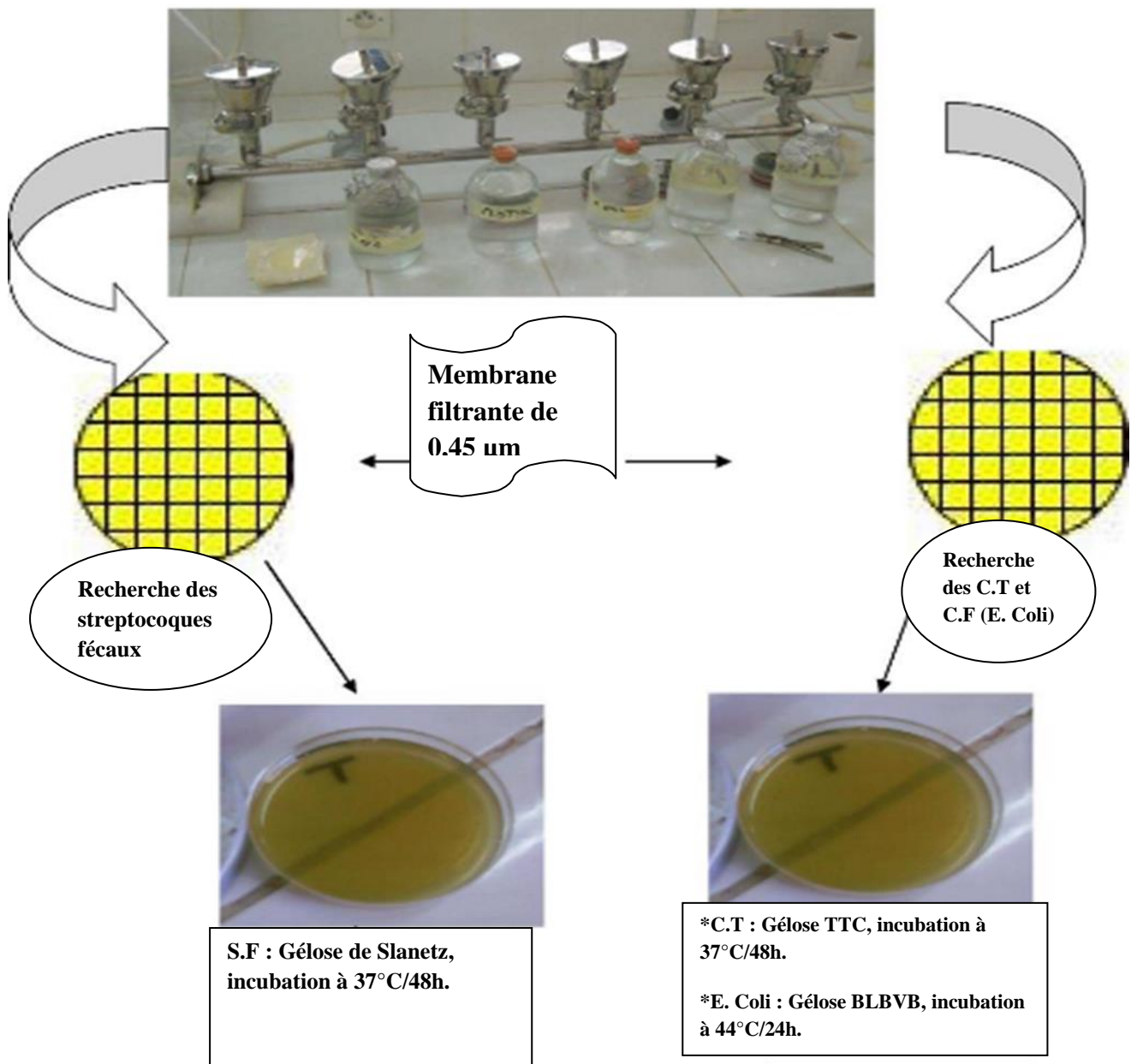
- **Mode opératoire :**

#### **1ère étape : Test présomptif.**

- ✓ Concernant l'ensemencement, on procède de la même manière que celle utilisée pour les coliformes, mais en utilisant cette fois-ci le milieu de Slanetz.
- ✓ Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48h.
- ✓ S'il y a des colonies typiques présentant une couleur rouge, à marron, on doit confirmer par un test confirmatif.

#### **2ème étape : Test confirmatif.**

- ✓ A partir de chaque boîte positive,
- ✓ On convient de transférer la membrane sur un milieu de confirmation la gélose lactosée ;
- ✓ On doit confirmer par repiquage des colonies sur des boîtes de milieu gélosé TTC,
- ✓ Préchauffé à 44°C et incubé à 44°C pendant 2h. Considérer comme positives, toutes les colonies donnant une couleur vert vers le noir dans le milieu.



**Figure 07:** Recherche et dénombrement des Coliformes (totaux et fécaux) et les Streptocoques fécaux.

#### II.5.4. Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs :

La recherche et le dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs s'effectuent en utilisant la méthode par incorporation en gélose Viande-foie.

- **Mode opératoire :**

- a) **Forme sporulée :**

On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'échantillon d'eau à analyser (5 ml dans chaque tube).

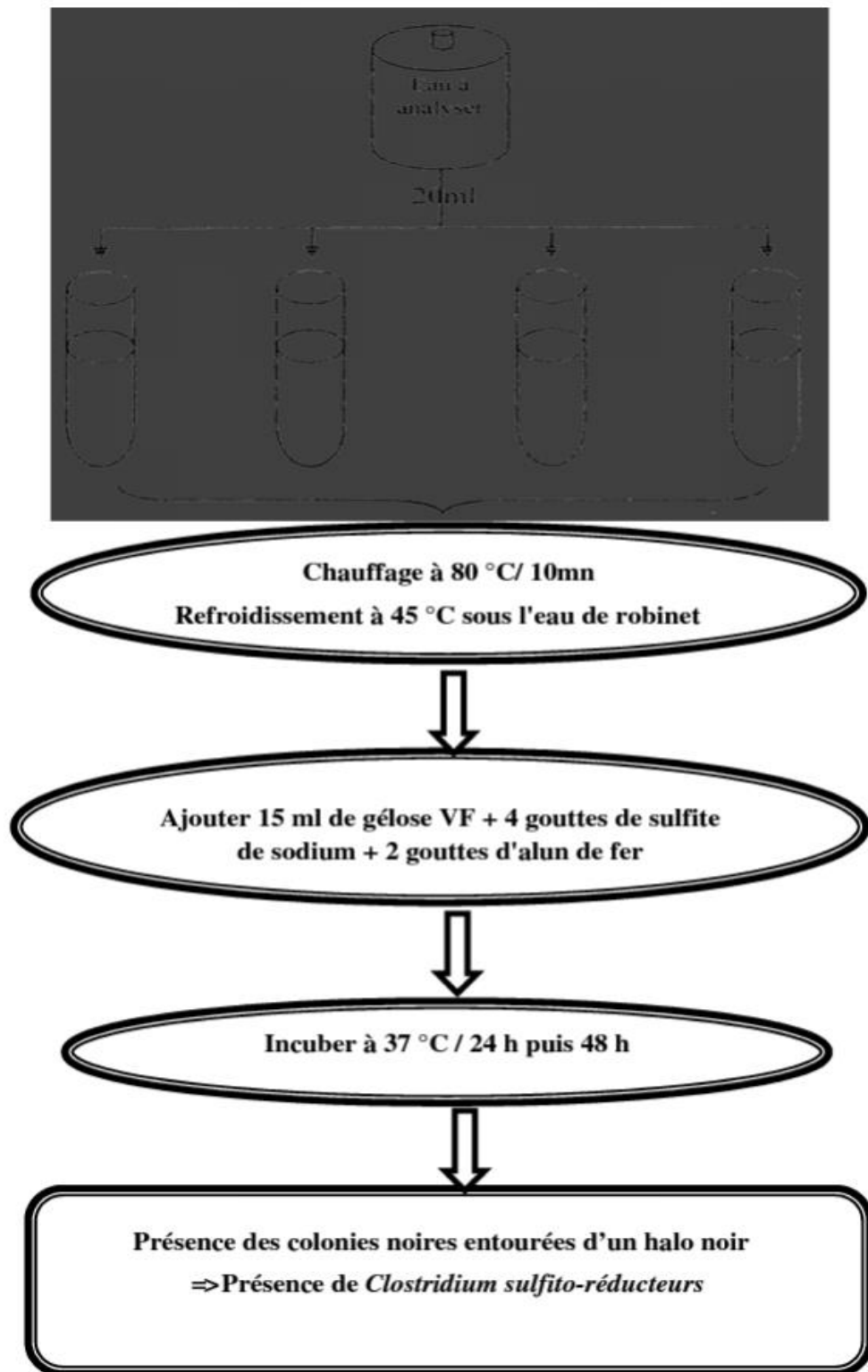
- ✓ On place les tubes au bain marie à 80 °C pendant 10 mn ; dans le but de détruire toutes les formes végétatives.
- ✓ On refroidit à 45 °C puis on ajoute 2 gouttes d'alun de fer et 4 gouttes de sulfites de sodium puis on remplit les 4 tubes par la gélose viande foie.
- ✓ On mélange doucement, en évitant d'introduire les bulles d'air.
- ✓ On incube à 37 °C et on procède à une première lecture après 24 heures, car très souvent les spores des anaérobies sulfito-réducteurs sont envahissantes ce qui rendra la lecture impossible, Sinon on fera une deuxième lecture après 48 heures.
- ✓ Les *Clostridium* sulfito-réducteurs réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium.

**b) Forme végétative :**

La recherche des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs sous forme végétative se fait de la même manière que celle de la forme sporulée à l'exception de l'étape du chauffage.

• **Expression des résultats :**

On considère comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie entourée d'un halo noir. L'expression du résultat est en nombre de spores par 20 ml.



**Figure 08** : Recherche et dénombrement des spores des *Clostridium* sulfito-réducteurs.

# **Chapitre 04 :**

## **Résultats et discussions**

L'étude physico-chimique et bactériologique de l'eau de source joue un rôle important pour déterminer sa qualité et savoir si elle convient à la consommation humaine.

Pour comparer les propriétés physico-chimiques et bactériologiques des eaux de source utilisées pour la consommation humaine des communes de la wilaya de Tlemcen, nous nous sommes appuyés comme référence sur les eaux minérales Algériennes (**ifri**) et (**Lalla Khadidja**).

### **I. Paramètres organoleptiques :**

Les humains peuvent percevoir automatiquement les propriétés sensorielles (Odeur, goût ...), ces autres pouvant être affectées par certaines substances, naturelles ou non, où elles peuvent donner un goût ou une odeur inhabituelle au consommateur.

L'eau destinée à la consommation doit être inodore. Toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques (**Rodier, 1996**).

Les sources de l'eau étudiée étaient à chaque fois inodores, ce qui indique l'absence des substances organiques en décomposition et les substances chimiques, de plus, elle est limpide et cela est dû au manque de fer, les ions métalliques ..., qui sont les principaux facteurs de changement de couleur de l'eau.

Nous concluons alors que l'eau des quatre sources est soumise à la consommation humaine.

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

#### **II.1. Température, Turbidité, Conductivité électrique :**

##### ➤ **Température :**

Pratiquement la température de l'eau n'a pas d'indice direct sur la santé humaine, d'où elles sont en conformité avec les normes Algériennes ( $<25^{\circ}\text{C}$ ). (**JORA, 2011**)

Les températures que nous obtenons varient entre 17,8 et 18,1°C.

##### ➤ **Turbidité :**

La turbidité élevée de l'eau révèle la précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau (**Jean, 2002**).

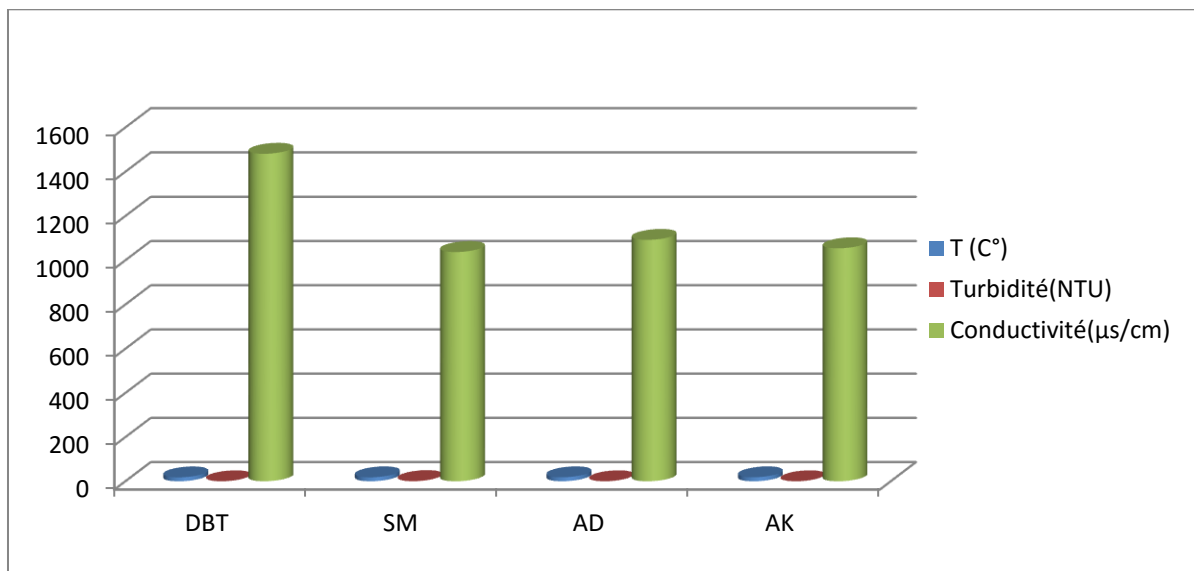
Les valeurs de turbidité des quatre sources d'eau sont variées entre (0.154 et 0.971 NTU). La valeur la plus élevée appartient à la source de (**Sidi Medjahed**), et la plus faible appartient à la source de (**Ain Defla**).

Toutes les valeurs sont situées au-dessous de la norme ( $<5$  NTU) ce qui est conforme à la norme Algérienne.



➤ **Conductivité électrique :**

Les valeurs de conductivité électrique des quatre sources varient entre 1037 $\mu\text{s}/\text{cm}$  à 1481 $\mu\text{s}/\text{cm}$ , la valeur la plus élevée appartient à la source de (**Dar Ben Tata**), et la plus faible à la source de (**Sidi Medjahed**) qui restent conformes à la norme Algérienne indiquant une valeur limitée de 2800  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . (JORA, 2011).

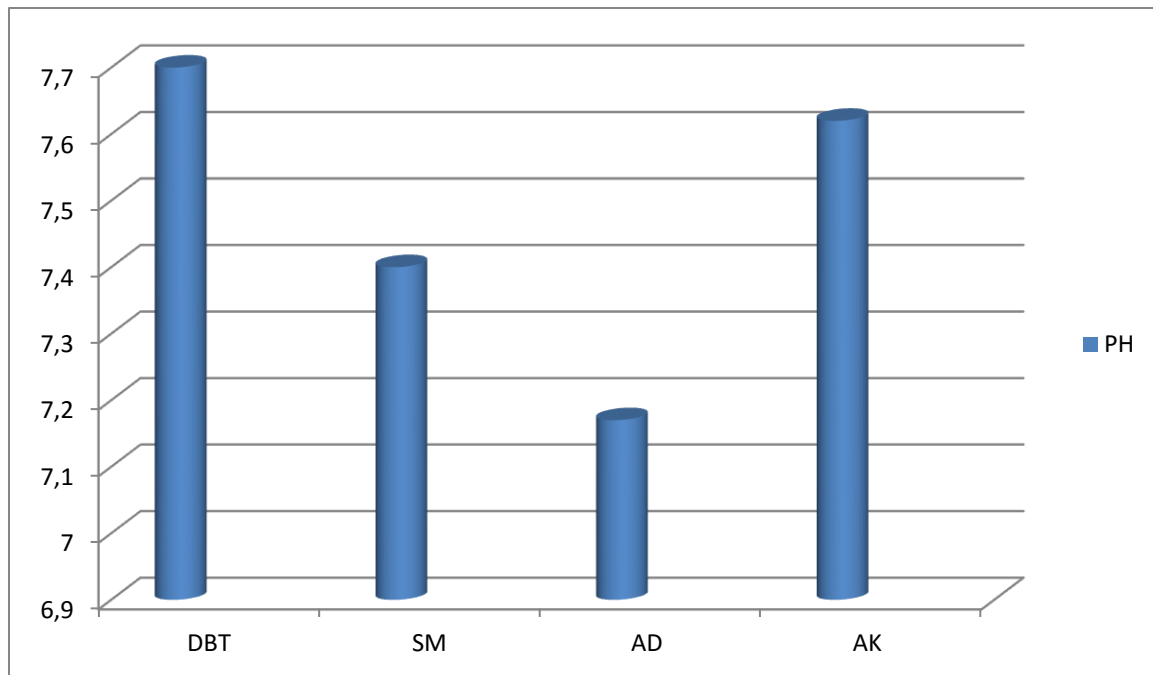


**Figure 09:** Variation des valeurs de la température, turbidité et la conductivité électrique des quatre sources d'eaux étudiées.

**II.2. Potentiel d'hydrogène (pH) :**

C'est l'un des paramètres les plus importants pour la qualité de l'eau. Dans l'eau, l'acidité est mesurée par un compteur de potentiel d'hydrogène. Dans le cas d'un milieu aqueux avec une température de 25C° , la valeur de référence de l'acidité est 7, c'est-à-dire que si l'acidité est plus faible, le milieu est acide et s'il est plus grand, il devient alcalin (**Givin et Mamaca, 2010**).

Sur la figure 10 on présente la variation de pH des quatre sources des eaux étudiées.



**Figure 10** : Variation des valeurs du pH des quatre sources d'eaux étudiées.

Les valeurs d'acidité pour les quatre sources étudiées varient de 7,17 à 7,7. Ces sources semblent être de nature neutre.

La valeur idéale de pH est variée entre **6.5 à 9**, Ceci est conforme aux normes Algériennes.

### II.3.Minéralisation globale :

Les paramètres de minéralisation globale de l'eau sont : le Calcium, le Magnésium, les Chlorures, les Sulfates, les Bicarbonates, la dureté total et (TA) et (TAC) ont été déterminés pour les quatre sources.

#### ➤ $Cl^-$ , $SO_4^{2-}$ :

Sur la figure 11 on présente la variation des ions  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  des quatre sources étudiées et les eaux minérales (**ifri et Lalla Khadidja**).

#### ➤ Les chlorures ( $Cl^-$ ):

Les chlorures sont présents en permanence et ont des proportions variable dans les eaux naturelles .Leur présence dans les eaux souterraines est liée aux sels naturels dissous (**Ayad, 2017**).

Les valeurs des chlorures enregistrées pour les quatre sources des eaux étudiées varient entre 213 à 230 mg /L, montrent qu'elles sont très élevées par rapport à **Lalla Khadidja** et **ifri** qui ont des valeurs de 11 et 72 mg/L.

Les teneurs en chlorures de tous les échantillons d'eau analysés sont conformes aux normes étant donné que leur concentration est inférieure à celle recommandée par les normes Algériennes **500 mg /L**.

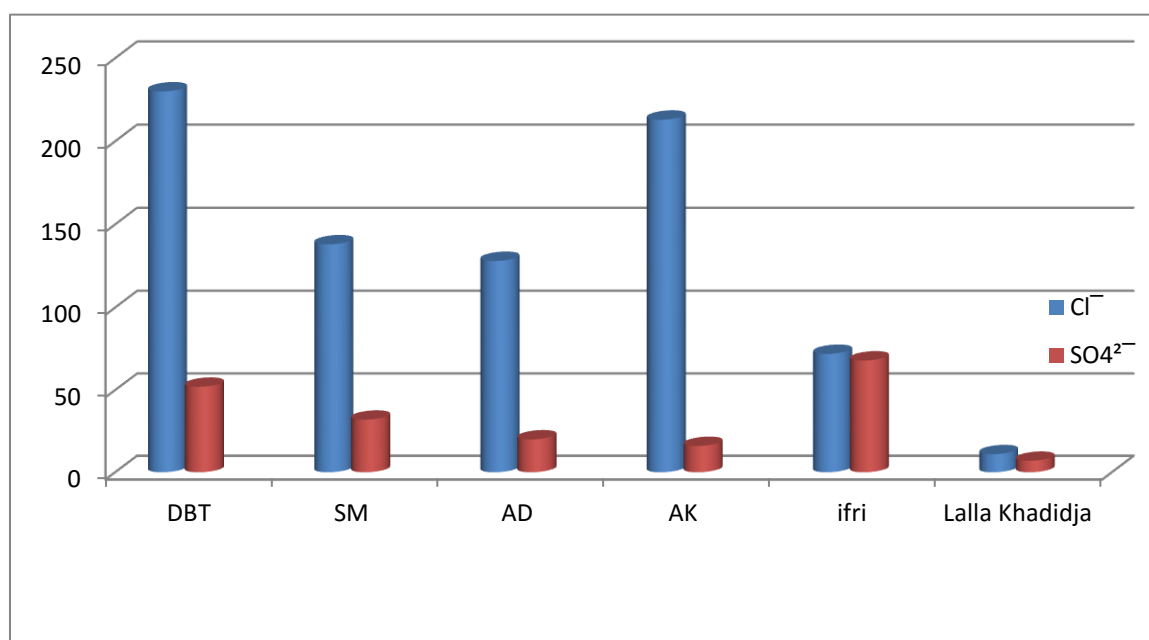
Les chlorures n'auraient pas d'effets néfastes sur la santé du consommateur.

➤ **Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ):**

La concentration des sulfates enregistrée pour les quatre sources étudiées variaient de 16 à 52 mg /L. On note que les quatre sources sont plus concentrées que **Lalla Khadidja** et moins que **ifri**.

D'après les résultats obtenus, les quatre sources restent inférieures à la concentration maximale admissible décrétée par les normes Algériennes **400 mg/L**.

L'eau minérale **ifri** et la source de (**Dar Ben Tata**) sont riches en sulfate par rapport (**Lalla Khadidja**) et les autres sources (**Sidi Medjahed, Ain Defla et Ain El Kbira**).

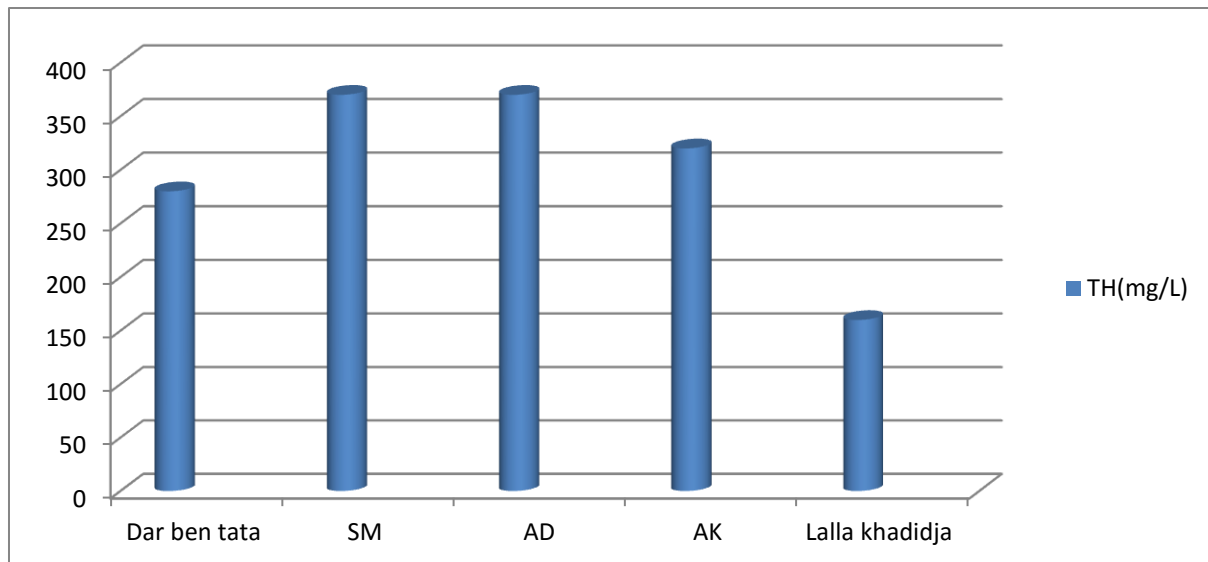


**Figure 11 :** Variation des valeurs de chlorure et sulfate des quatre sources étudiées et les eaux minérales (**ifri et Lalla Khadidja**).

➤ **Dureté totale (TH) :**

La dureté désirée doit être comprise entre 150 et 500 mg/L (OMS, 1994).

Les résultats obtenus sur la figure 12 ont montré une variation des valeurs de la dureté totale des quatre sources étudiées et l'eau minérale (**Lalla khadidja**).



**Figure 12 :** Variation des valeurs de la dureté totale des quatre sources étudiées et l'eau minérale (**Lalla Khadidja**).

Les valeurs des quatre sources sont comprises entre 2,8 et 3,7 °F (280 et 370 mg/L de CaCO<sub>3</sub>) et 116 mg/L pour l'eau minérale **Lalla Khadidja**.

La valeur la plus élevée est enregistrée dans chacune de deux sources (**Sidi Medjahed** et **Ain Defla**) de 370 mg/L et la plus faible dans la source (**Dar Ben Tata**) de 280 mg/L. Ces valeurs sont conformes aux normes.

Selon **Lenntech (2014)**, l'eau dure n'est pas dangereuse pour la santé et que selon **l'OMS (2004)**, des études épidémiologiques relatives à la dureté et aux risques de maladies cardiovasculaires ont trouvé une association protectrice entre la mortalité due aux maladies cardiovasculaires et l'augmentation de la dureté de l'eau.

La dureté a trois sections, à travers lesquelles nous pouvons déterminer la classe d'eau:

TH <15°F : eau douce.

TH >15°F : eau légèrement douce.

TH >50°F : eau très dure.

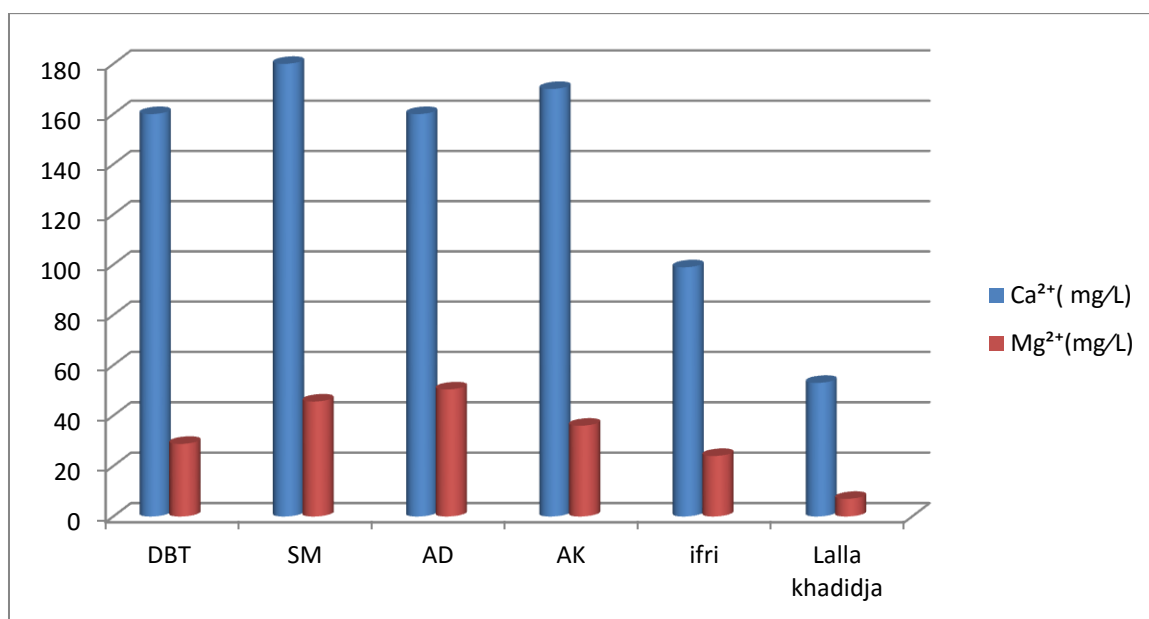
$$1^{\circ}\text{F} = 10 \text{ mg/L de Ca CO}_3$$

À travers les résultats, nous notons que les valeurs des quatre sources montrent qu'un caractère marqué d'eau dure à très dure, et cela est dû à la présence de certains composés tels que le magnésium et le calcium dissous dans ces eaux, comparé à **Lalla Khadidja**, qui est classé comme eau douce, donc ils répond à la norme indiquée par la réglementation Algérienne.

➤ **Mg<sup>2+</sup> et Ca<sup>2+</sup>:**

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potable et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (**Rodier et al., 2009**).

L'ion magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrés (calcaires dolomitiques, dolomies du jurassique ou du trias moyen) (**Rodier, 2005**).



**Figure 13 :** Variation des valeurs de magnésium et de calcium des quatre sources étudiées et les eaux minérales (**ifri et Lalla Khadidja**).

Les teneurs en calcium des quatre sources étudiées sont comprises entre 160 et 180 mg/L, et pour les valeurs des eaux minérales (**ifri et Lalla Khadidja**) variaient entre 53 et 99mg/L.

Les teneurs en magnésium des quatre sources étudiées varie entre 28,8 à 50,4 mg/L, et pour les valeurs des eaux minéraux (**ifri et Lalla Khadidja**) comprise entre 7 et 24 mg/L.

Les valeurs des cations (**Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup>**) dans les quatre sources d'eau restent beaucoup plus élevées par rapport les eaux minérales (**Lalla khedidja et ifri**), ils sont tous conformes aux critères Algérienne.

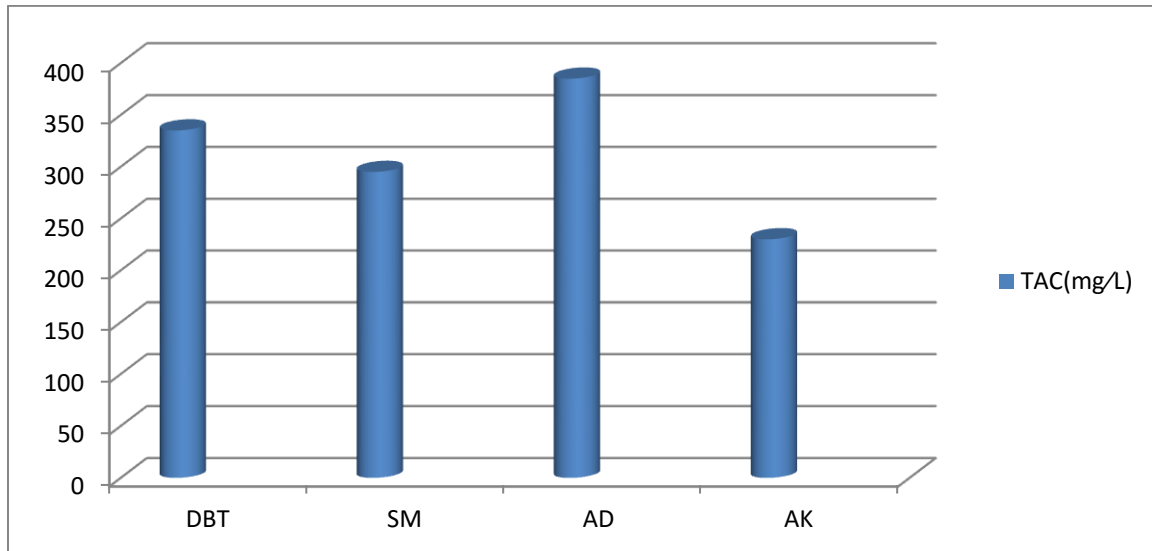
Selon les normes Algériennes de l'eau potable, la norme de calcium a été fixée à **200 mg /L**, tandis que pour le magnésium à une valeur de **150 mg / L** (**JORA, 2011**).

➤ **Titre alcalimétrique TA :**

Les valeurs de Titre alcalimétrique de toutes les sources sont nulles, car le pH < 8.3

➤ **Titre alcalimétrique complet TAC :**

Sur la figure 14 on présente la variation de titre hydrotimétrique complet TAC pour les quatre sources étudiées.



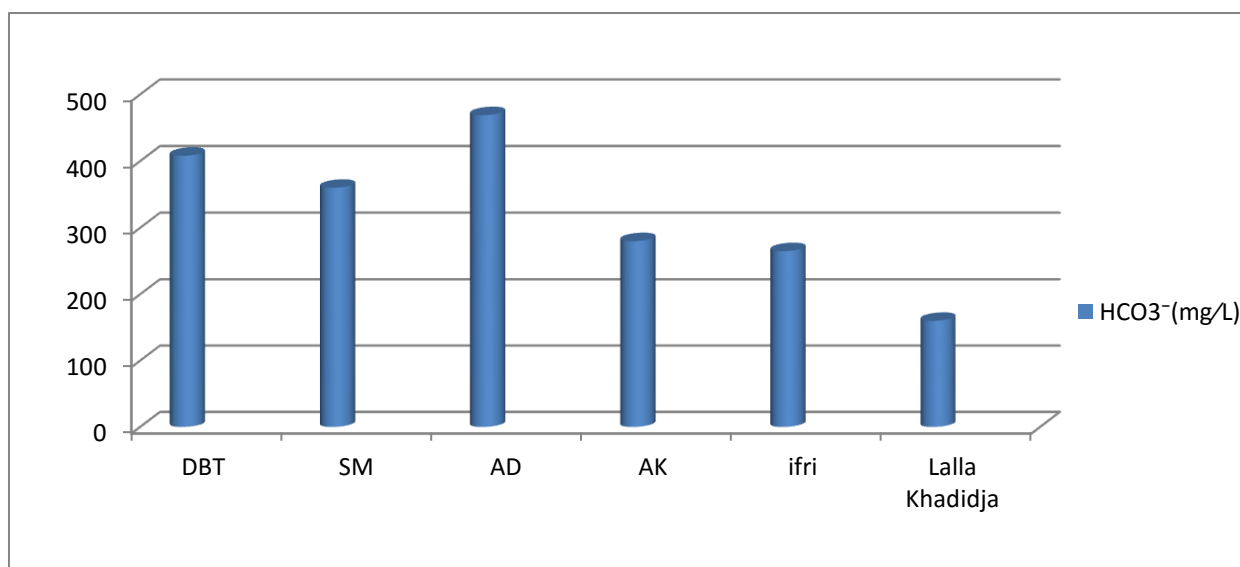
**Figure 14 :** Variation des valeurs de titre hydrotimétrique complet TAC des quatre sources étudiées.

Les teneurs du TAC des quatre sources enregistrées varient entre 230 mg/L et 385 mg/L. on remarque que la source de **Ain Defla** et **Dar Ben Tata** ont le TAC le plus élevé par rapport aux autres sources.

On constate d'après les résultats que les eaux étudiées entre dans la catégorie des eaux dures. Le TAC idéal est de 65mg/L, donc Les valeurs trouvées ne respectent pas les normes Algériennes (**65mg/L**).

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

Dans la figure 18 on représente la variation des bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  des quatre sources étudiées et les eaux minérales **ifri** et **Lalla Khadidja**.



**Figure 15** : Variation des valeurs de bicarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> des quatre sources étudiées et les eaux minérales (**ifri et Lalla Khadidja**).

Les quatre sources d'eau examinées se caractérisent par des valeurs élevées de bicarbonate par rapport à les eaux minérales **ifri et Lalla Khadidja**, ces valeurs varient entre (280 et 408 mg/L), à celle des eaux minérales qui varient entre 160 et 265 mg/L. Cette teneur élevée en bicarbonates des eaux étudiées confirme que l'origine de ces eaux sont bicarbonatées.

Les normes Algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre.

#### **II.4. Les paramètres de pollution :**

La pollution des eaux souterraines est un problème à forte prévalence. Jour après jour, le risque de détérioration de la qualité des ressources en eau augmente et constitue donc une menace pour la santé de la population rurale (**Aghzar et al., 2002**).

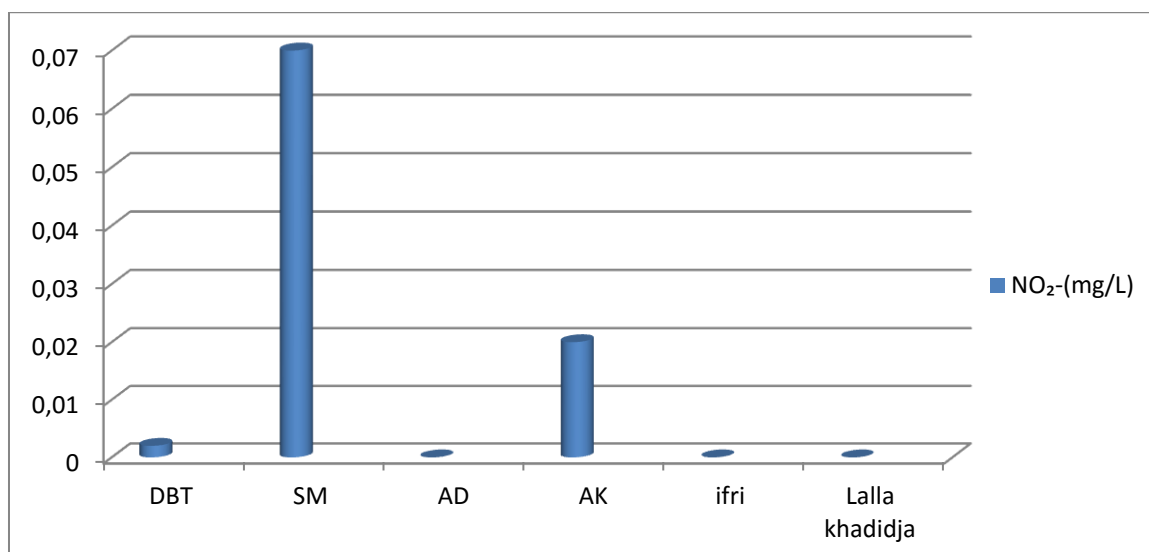
##### ➤ **Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :**

On remarque que les valeurs des nitrites des quatre sources sont très faibles, elles sont comprises entre 0,002 et 0,007 mg/L.

La valeur la plus élevée a été enregistrée à la source (**Sidi Medjahed**) tandis que les eaux minérales (**ifri et Lalla Khadidja**) sont enregistrées des valeurs nulles, alors nos sources sont conformes à la norme (< **0.2 mg/L**).

Cela veut dire absence des nitrites pour l'ensemble des sources et même pour les eaux minérales.

La figure suivante représente la variation de nitrite pour les quatre sources.



**Figure 16:** Variation des valeurs de nitrite des quatre sources étudiées avec les eaux minérales (ifri et Lalla Khadidja).

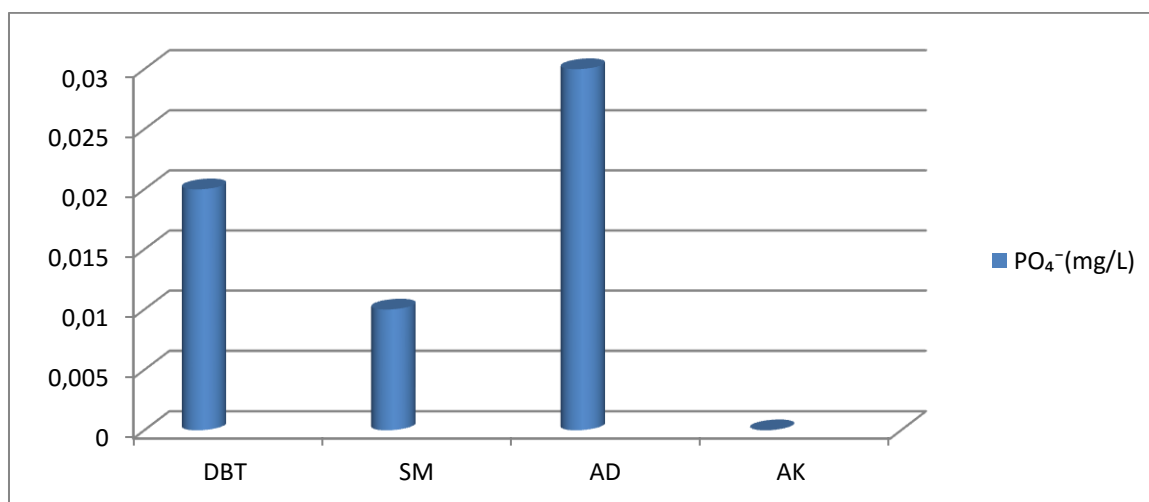
➤ **Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) :**

Les teneurs d'ammonium trouvées au niveau des quatre sources étudiées sont inférieures à 0.01 mg/L, elles sont dans la norme prescrite.

La réglementation de notre pays fixe **0.5 mg/L** comme teneur limite.

➤ **Phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) :**

Sur la figure suivante on représente la variation de phosphate pour les quatre sources.



**Figure 17:** Variation des valeurs de phosphate des quatre sources étudiées.

Le phosphate est l'un des facteurs de pollution dont la valeur contrôlée est estimée par la réglementation Algérienne à **0,5 mg/L**.



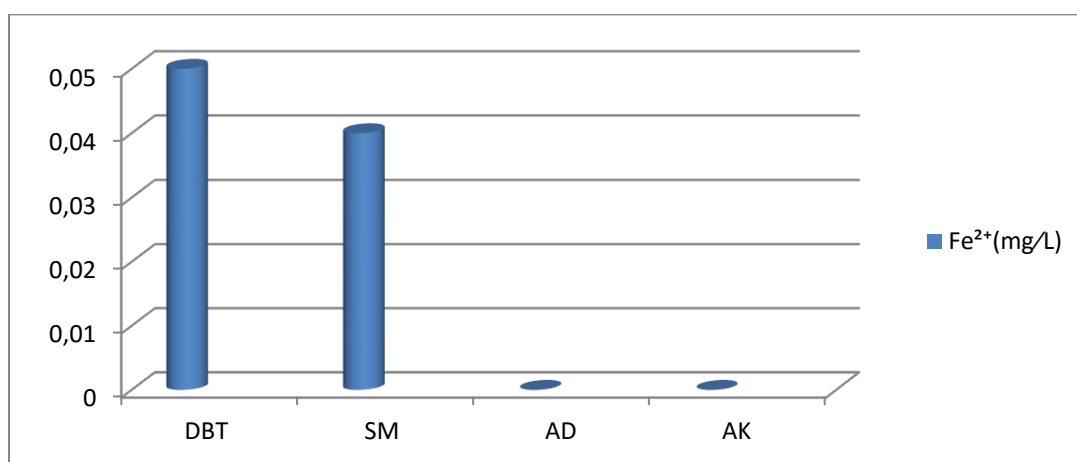
L'eau de source et les eaux souterraines qui ne sont pas influencées par des contaminations anthropogènes montrent des teneurs en phosphates inférieures à 0.01 mg/L (CIE, 2005).

Les valeurs de phosphate trouvées dans les quatre sources étudiées comprise entre 0.01 et 0.03 mg/L ; elles sont inférieures aux normes prescrites par la réglementation Algérienne qui fixent une valeur maximale admissible de **0.5 mg/L**.

## II.5.Éléments indésirables :

### ➤ Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) :

Sur la figure suivante on représente la variation de fer pour les quatre sources étudiées



**Figure 18: Variation des valeurs de  $\text{Fe}^{2+}$  des quatre sources étudiées.**

Le pourcentage de fer dans l'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas dépasser **0,3 mg / L** (Potelon et Zysman, 1993).

La valeur limite donnée par la réglementation Algérienne est de **0.3 mg/L**. les résultats obtenus pour les quatre sources étudiées sont conformes aux normes prescrites. Ces derniers sont compris entre 0.01 et 0.05 mg/L.

A travers les résultats des analyses physico-chimiques effectuées au sein de laboratoire de l'ADE de Tlemcen, il a été constaté que l'eau des quatre sources étudiées sont de bonne qualité et inférieure aux normes requise par la réglementation Algérienne.

L'eau des quatre sources étudiées contient un pH neutre. Son eau passe de moyennement dure à très dure et cela est dû à la très forte concentration en calcium et magnésium. En revanche, les eaux de la zone sont exemptes de pollution chimique.

L'eau des quatre sources étudiées est de bonne qualité et au-dessous des normes de potabilité exigées par la réglementation Algérienne.

### III. Paramètres bactériologiques :

Les paramètres microbiologiques sont les premiers à prendre en compte en matière d'alimentation en eau potable parce qu'ils peuvent avoir des effets directes sur la santé du consommateur. En effet, L'analyse bactériologique est le moyen le plus précis de détecter les pollutions fécales récentes.

Ces analyses consistent à rechercher des germes totaux, les coliformes totaux, les *E. coli*, les streptocoques fécaux et les *Clostridium* sulfito-réducteurs.

Les résultats trouvés sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau 06:** Résultats du dénombrement bactériologique des quatre sources étudiées.

Les sources d'eau	Dar Ben Tata	Sidi Medjahed	Ain Defla	Ain El Kbir	Unités	Norme Algérienne
Germe totaux à 22°C	12	0	0	33	UFC/ml	<100
Germe totaux à 37°C	10	1	0	3		<10
Coliforme totaux	0	0	0	0		10
<i>E. coli</i>	0	0	0	0		0
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	0	0	0	0		0
Streptocoques fécaux (première lecture)	2	2	0	8		00
(deuxième lecture: après repiquage)	0	0	0	1		

#### III.1. Les Germes totaux :

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateurs beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbiologique ; celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne. La stabilité des dénombrements bactériens est donc un bon signe de protection.

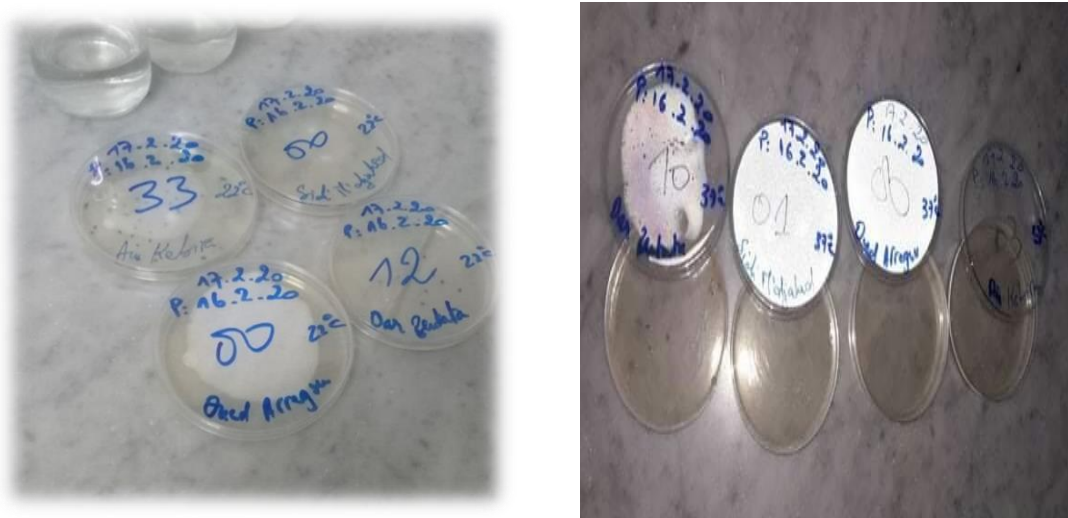
Les résultats portés sur le tableau 06 montrent que les teneurs en germes totaux de tous les échantillons restent toutes fois conformes aux normes prescrites par la réglementation Algérienne ( $\leq 10$  germes par ml à 37°C et  $\leq 100$  germes par ml à 22° C).

Les résultats obtenus varient entre 00 et 33 germes /ml à 22°C, la source de (**Ain El Kbir**) montre un taux élevé en germes totaux de 33 UFC/ml, et pour le nombre de germes

totaux à 37°C la concentration varie entre 00 à 10 germes /ml, le taux le plus élevé est enregistré à la source de (**Dar Ben Tata**).

Les résultats obtenus ont montré que la plupart des sources étudiées contiennent un petit nombre de germes totaux, à l'exception de la source d'eau (**Ain Defla**) qui ne contient pas ce type de bactérie.

La consommation de ces eaux n'engendre pas de risque grave pour les consommateurs, donc la contamination de l'eau de ces sources est souvent due à l'absence de règles d'hygiène de base et à la pollution adjacente à ces sources.



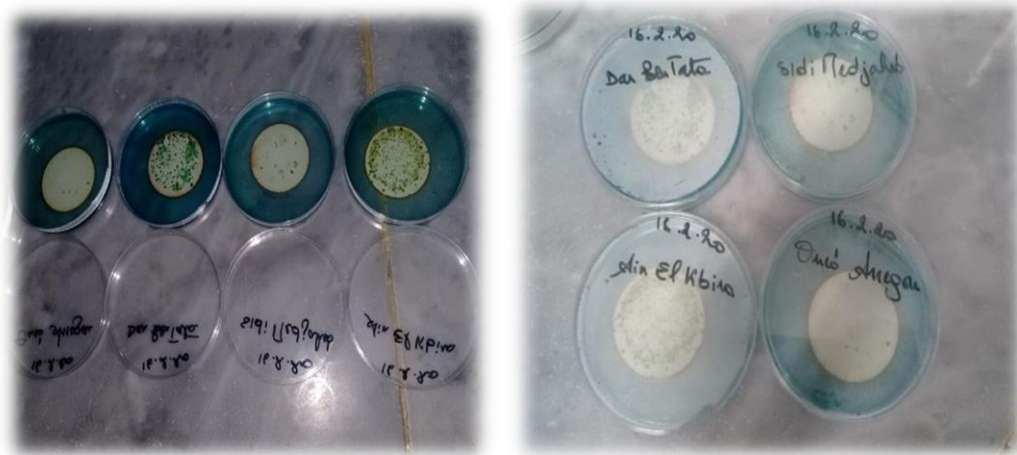
**Figure 19:** Dénombrements des bactéries germes totaux à 22°C et 37°C.

### III.2. Les coliformes totaux et fécaux (*E. Coli*) :

Les coliformes totaux sont d'origine humaine et animal, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par les matières fécale (**Chevalier, 2003**).

Selon **OMS (2004)**, la présence d'*E. Coli* est une preuve pour la pollution fécale.

Selon les valeurs indiquées dans le tableau 06, les quatre sources d'eau étudiées correspondent aux normes algériennes.



**Figure 20:** Dénombrements coliformes totaux.

La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence des coliformes fécaux et des coliformes totaux dans (100ml).

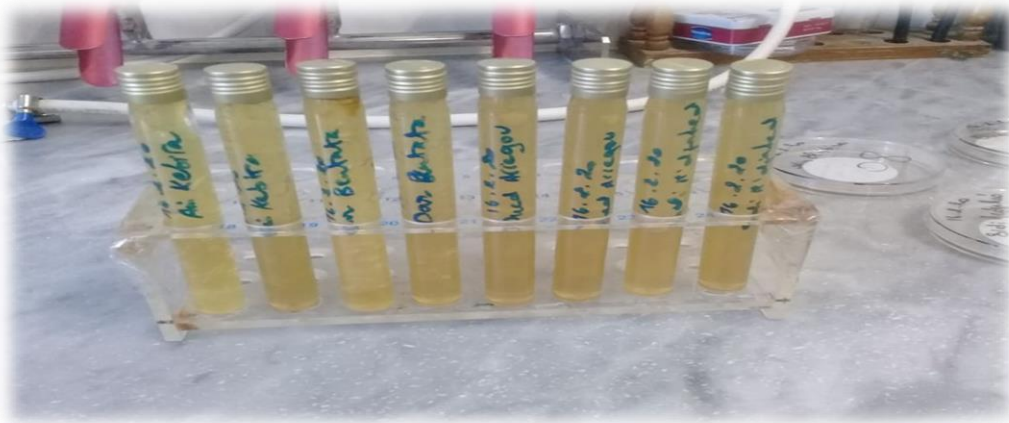
A partir des résultats obtenus on constate l'absence totale des Coliformes totaux dans toutes les sources d'eau analysées, cela confirme l'absence complète des Coliformes fécaux, en particulier *Escherichia-Coli*, cela confirme l'absence d'une pollution fécale et l'eau des différentes sources est bien désinfectée.

Ceci montre que les quatre sources d'eau sont conformes aux normes concernant les coliformes fécaux.

### **III.3. *Clostridium* sulfito-réducteurs (ASR) :**

Les *Clostridium* sulfito- réducteurs sont aussi d'origine fécale, si elles se trouvent normalement dans les matières fécales elles peuvent également vivre et se multiplier dans les milieux naturels. Les ASRs représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, du fait des formes plus résistantes aux chloration (Ladjel, 2009).

Les résultats d'analyses bactériologiques sur les échantillons d'eaux montrent l'absence totale des ASRs pour les quatre sources étudiées, alors elles respectent la réglementation Algérienne, qui exclut sa présence dans l'eau de consommation.



**Figure 21:** Dénombrements des *Clostridium* sulfite-réducteurs

#### **III.4. Streptocoques fécaux :**

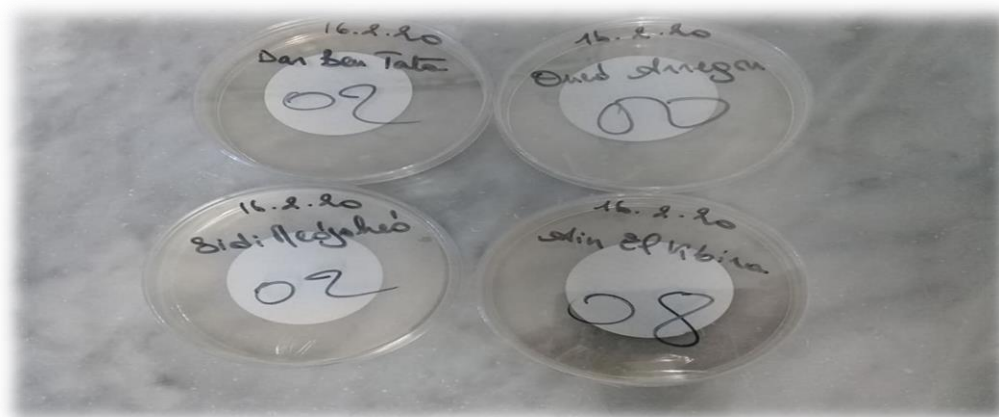
La même exigence pour les Coliformes fécaux est portée sur les Streptocoques fécaux, la présence de contamination fécale dans l'eau de consommation, associée à la présence de streptocoques accompagnée de la présence de Coliformes fécaux (**Figarella et Leyral, 2002 ; Rodier et al., 2005**).

La première lecture des résultats d'analyse pour les quatre sources montrent que les valeurs variaient entre 00 à 8 UFC/ml, alors que la source de (**Ain El Kbir**) a enregistré la plus grande valeur de colonies égales à (8UFC/ml), à l'exception de source (**Ain Defla**) qui a enregistré le nombre de 00 colonies.

La présence des Streptocoques fécaux à la première lecture des résultats nécessite un repiquage de ces résultats à 44 C° pendant 2h.

Après la période requise, les résultats ont montrés l'absence totale des Streptocoques fécaux pour les trois sources à l'exception de la source de (**Ain El Kbir**) qui a enregistré une valeur égale à 1 UFC/ml. Les normes Algériennes excluent la présence des Streptocoques fécaux dans l'eau consommable

Il ressort des résultats bactériologiques obtenus que toutes les sources étudiées soient propres à la consommation humaine, à l'exception d'eau de (**Ain El Kbir**).



**Figure 22:** Dénombrements des Streptocoques fécaux

# **Conclusion et perspectives**

### Conclusion et perspectives:

L'alimentation avec une eau de bonne qualité et en quantité abondante des populations est l'un des processus les plus coûteux et les plus difficiles à réaliser, car l'indisponibilité d'eau de bonne qualité d'une part et l'exposition à long terme aux effets de paramètres indésirables présents dans l'eau d'autre part peuvent empêcher le développement d'un pays.

L'eau est consommée quotidiennement et en grande quantité, sa qualité doit donc être garantie et contrôlée du point de vue bactériologique, physico-chimique et organoleptique.

Le principal problème des eaux destinées à la consommation humaine a toujours été de nature sanitaire. Ce problème a révélé la présence de microorganismes transmissibles de nombreuses infections dangereuses chez l'homme.

Le contrôle et la surveillance de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine est une opération complexe et délicate qui fait appel à des dosages et à des tests.

Cette étude nous a permis d'avoir des résultats qui permettent d'évaluer la qualité organoleptique, physicochimique et bactériologique des eaux de source situés à la région du Tlemcen et déterminer son aptitude à la consommation humaine.

- a) Du point de vue organoleptique les échantillons prélevés des quatre sources sont clairs, ne présentent aucune couleur, ni odeur, ni saveur désagréable.
- b) Selon des analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons prélevés des quatre sources, il a été constaté les résultats suivants :
  - La température de l'eau est très proche, variant entre 17,8 et 18,1C°, alors que les valeurs de pH ne dépassent pas 7,7, et c'est ce qui nous pousse à dire que notre eau est pure et neutre.
  - Des concentrations élevées de chlorure, TH et calcium ont été enregistrées, mais ces paramètres restent conformes à la norme Algérienne.
  - Le phosphate qui ne dépasse pas une valeur de 0,03 mg / l, et l'absence presque totale d'ammonium indique que cette eau n'est pas contaminée.
- c) D'autre part, les analyses bactériologiques ont montré les résultats suivants :
  - L'absence totale des (coliformes totaux, *E. Coli* et ASR).
  - Émergence des streptocoques fécaux, Où il a enregistré 1 UFC/ml dans l'eau de source (Ain El Kbira). Cela peut indiquer l'absence d'hygiène à cette source.



Enfin, nous vous proposons quelques perspectives qui peuvent aider à préserver cette eau de source et sa qualité.

- La nécessité de faire un suivi trimestriel qualitative des sources d'eau dans la région.
- Sensibiliser la population à l'importance de préserver ces sources d'eau contre toutes formes de pollutions et mieux les gérer et protéger, notamment en termes d'hygiène, par exemple l'élimination correcte et éloignée des déchets.
- En raison des excellents services fournis par la fondation d'ADE, les fonctionnaires doivent consacrer plus de budget à l'achat d'équipements modernes afin d'obtenir des résultats plus précis à une vitesse plus rapide.
- Il était souhaitable de prélever plus d'échantillons pour mener des recherches scientifiques et découvrir l'importance de ces sources dans la vie humaine.
- La conception et la mise en œuvre d'un programme de surveillance de la qualité et de l'assurance de la conformité.
- Le droit des consommateurs à disposer d'informations relatives à la salubrité de l'eau qu'ils consomment.

# **Références bibliographiques**

Références bibliographiques

A

**Aghzar N., Berdai H., Bellouti A., Souidi B., 2002** - Pollution ni tri que des eaux souterraines au Tadla (Maroc). *Revue des science de l'eau*, N15. Paris, pp: 469-492.

**Albouy V., 2008** - 250 réponses aux questions d'un écocitoyen. Paris (France), p32.

**Alouane H., 2012** - Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole ; Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Mémoire de Magister, Gestion des déchets : Évaluation et Solutions Environnementales, Université Mentouri Constantine, p49.

**Andriamiradis L., 2005** - Mémento technique de l'eau. 2<sup>ème</sup> édition Degremont, France, p8.

**Archibald F., 2000** - The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems - a cause for concern?. *Water Qual Res J, Canada*, 35: 1-22.

**Archie H., 2006** - La santé animale: Généralités. Ed. CIRAD, CTA, Karathala, France, p89.

**Arif S., Doumani F., 2013** - Coût de la de dégradation des ressources en eau du bassin de la seybouse. *Programme de Gestion Intégrée Durable de l'Eau (SWIM-SM)*, la Commission européenne, p120.

**Ayad W., 2017** - *Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-HARROUCH (Wilaya de Skikda)*. Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle LMD en Microbiologie Appliquée, UNIV de Badji Moukhtar-Annaba, pp : 83-92.

B

**Ballif J.F., 2009** - De l'eau pour tous les affamés. Paris - France, pp : 302-305.

**Benamar N., Mouadhih N., Benamar A., 2011** - Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien: le cas de l'oued Cheliff, Colloque international, Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services ?. Université de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011, p6.

**Benblida M., 2011** - L'efficience d'utilisation de l'eau et approche économique. Centre d'activités régionales PNUE/PAM, France, p24.

**Berne F., Cordonnier J., 1991** -Traitement des eaux. Ed. Tec - Paris, pp : 6-14.

**Bonnin J., 1982** – Aide mémoire d’hydraulique urbaine. Ed. Eyrolles, Paris, pp : 23-33.

**Bouchaud O., Consigny P.H., Cot M., Le loup G., Odermatt-Biays S., 2019** - Médecine des voyages et tropicale : Médecine des migrants. Paris, p202.

**Bouziani M., 2000** - L’eau de la pénurie aux maladies. Ed. Ibn Khaldoun, Tlemcen, p247.

**Bremaude C., Claisse J .R., Leulier F., Thibault J., Ulrich E., 2006** - Alimentation, santé, qualité de l’environnement et du cadre de vie en milieu rurale. Ed. Educagri, Dijon - France, pp : 220-221.

**Brière F.G., 2012** - Distribution et collecte des eaux. Canada, pp : 14-18.

## C

**Cardinaels J., 2014** -Maladies professionnelles : Pathologies et causes. Paris, p142.

**CEAEQ., 2000** - Recherche et dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives: méthode par incorporation à la gélose, MA.700-BHA35 1.0. *Revu.3, Centre d’expertise en analyse environnementale du Québec, Ministère du Développement durable, de l’Environnement et des Parcs du Québec*, Canada, p15.

**Centre d’Information sur l’Eau (CIE)., 2005** - l’ eau dans la nature. Paris, p43.

**Centre d’Information sur l’Eau (CIE)., 2013** - Le cycle naturel de l’eau. Paris, p6.

**Chamberline P., 2016** - Histoire de la poliomyélite à Lyon. France, p57.

**Chapel H., Haeney M., Mirbah S., Snowden N., 2004** - Immunologie Clinique : De la théorie à la pratique, avec cas cliniques. Belgique, pp : 11-15.

**Chevalier P., 2003** - Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau. Institut national de santé publique du Québec, Canada, pp : 4-5.

**Christophe., 2006** - Propriétés de l’eau physique et chimiques. Paris, p6.

**Collectif., 2002** - Contamination bactérienne et virale. France, p7.

**Collège des enseignants de nutrition, 2011** - Nutrition, France, p12.

**Conant J., 2005** - De l'eau pour la vie : La garantie de la sécurité de l'eau pour les communautés, La Fondation Hesperian en collaboration avec le Programme des Nations Unies pour le développement, Berkeley, California, p47.

**D**

**Damus O., 2016** - Homo Vulnerabilis: repenser la condition humaine. France, p70.

**De noni G., Viennot M., Asseline J., Tryillo G., 2001** - Terres d'altitude, terre de risque : la lutte contre l'érosion dans les andes équatoriennes. Paris, pp : 231-235.

**Degrémont G., 2005** - Mémo technique de l'eau. 10<sup>ème</sup> édition, Paris, 2 : 150-153.

**Delvaux M., 2005** - Les douleurs abdominales en questions : rôle physiopathologique de sensibilités viscérales. France, 337p.

**Descheemaeker K., Provoost CH., 2002**- L'impact de la nutrition sur la santé, développements recents-5. France, 356p.

**Desjardins R., 1990** - Le traitement des eaux, 2<sup>ème</sup> édition. *Revue et envichie*, Canada, p162.

**Dufrenot M.L., 2008** - L'accès à l'eau saine: un droit humain au Burkina Faso. Paris - France, p78.

**Duvallet G., Didier F., Vincent R., 2017** - Entomologie médicale et vétérinaire. Marseille - Versailles, pp : 53-61.

**E**

**Edberg S.C., Rice E.W., Karlin R.J., Allen M.J., 2000** - Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88: 106-116.

**El haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El ouali lalami A., 2011** - Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn*, Maroc, 5(1): 37-68.

**Elmund G.K., Allen M.J., Rice E.W., 1999** - Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency, *Water Environ.Res*, N°71. France., pp : 332-339.

**Equipe la main à la pâte, 2009** - L'eau et ses propriétés. France, pp: 4-5.

**F**

**Figarella J., Leyral G., 2002** - Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360p.

**Food and agriculture organization of the united nations., 2005** - Irrigation en Afrique enchiffre enquête aquastat. Rome - Italie, p68.

**Fortin J., 2007** - La terre: Comprendre notre planète. Montréal, 325p.

**François A., 2008** - L'eau et ses enjeux, Edition de Boeck, 134p.

**Friedli C., 2002** - Chimie générale pour ingénieur. Italie, 241p.

**G**

**Gaujous D., 1995** - La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire. 2<sup>ème</sup> Ed. Lavoisier, Paris, p49.

**Genin B., Chauvian CH., Ménard F., 2003** - Cours d'eau et indice biologiques : pollution, méthodes, IBGN, 2<sup>ème</sup> édition, Paris, 332p.

**Gentilini., 2012** - Médecine tropicale. 6<sup>ème</sup> Ed. Lavoisier, Paris, 300p.

**Ghazali D.1., Zaid A., (2013)**. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source AIN SALAMA-JERRI (région de MEKNES –MAROC), Larhyss Journal, N° 12, Janvier 2013, Maroc, pp : 25-36.

**Givin M., Mamaca E., 2010** - Pollution du transport maritime. France, p14.

**Gleeson C., Gray N., 1997**- The coliform index and waterborne disease: problems of microbial drinking water assessment. *E & FN Spoon*, London, 194p.

**Gomella G., Guerree H. et Neveux Marc., 1974** - La distribution de l'eau dans les agglomérations urbaines et rurales. Ed. Eyrolles, Paris, pp : 150-165.

**Gomella G., Guerree H., 1980** - Guide de l'alimentation en eau dans les agglomérations urbaines et rurales. *Tome 1: La distribution*, 3<sup>ème</sup> Ed. Eyrolles, Paris, pp: 21-22.

**Goudet P., Kowalski A., 2011** - Physique et chimie : 1<sup>er</sup> et terminale bac pro. Paris, pp : 642-644.

**Goudet P., Yindoula PH. J., 2007** - Matière et énergie dans les systèmes : manuel de physique bac technologique 1er et lam. STAV. Paris, p85.

**Gros Claude G., 1999** - L'eau usage et polluants. Tome 2<sup>ème</sup> Edition INRA Paris, p35.

### H

**Haouet A., 1998** - physique-chimie 5ème programme. Paris, p35.

**Hartemann P., 2004** - Contamination des eaux en milieu professionnel, EMC-Toxicologie Pathologie.Elsevier: Rayaume - Uni, pp : 63-78.

**Haslay C. et Leceler H., 1993** - Microbiologie des eaux d'alimentation. Ed. Tec et Doc.Lavoisier, Paris, pp: 101-107.

**Henaut A., 2011** - Pollution de l'air et de l'eau, Les dossiers de science et politiques publiques. Univ Pierre et Marie Curie, Paris, p2.

**Hespanhol I., Helmer R., 2000** - La pollution des eaux, Encyclopédie des sécurités et de santé au travail. *ESIT* - Paris, 2: 21p.

**Hopkins W.G., 2003** - Physiologie végétale. 2<sup>ème</sup> Ed., Paris, p25.

**Hordé., 2014** - L'eau potable. Ed réimprimée, Canada, pp : 144-146.

**Hubert P. et Marin M., 2001-** Quelle eau boirons-nous demain ?. Ed. Fabienne Travers, France, pp : 64-124.

### I

**Ivar L., 1995** - Pesticide et eaux de surface, les éditions du conseil de Europe. Allemagne, 325p.

### J

**Janette W., Hattum T.V., 2006** - Agrodok- 43- le collecte de l'eau de pluie à usage domestique. 1<sup>er</sup> Ed. Wageningue -Pays-Bas, pp : 12-13.

**Jean L.C., 2002** - La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau. Ed. Ministère de l'agriculture et de la pêche, Direction de l'espace rural et de la forêt, France, p22.

**Journal Officiel de la République Algérienne (JORA), 2011** - Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, pp: 7-25.

**Journal Officiel de la République Algérienne (JORA), 2014** - Décret exécutif n° 14-97 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 portant dissolution de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun.

**Julien F., 2012** - La gestion intégrée des ressources en eau en Afrique subsaharienne. Canada, 328p.

### K

**Kemmer F., 1984** - Manuelle de l'eau. Edition : Lavoisier technique et documentation. pp: 95- 96-112.

**Kahoul M.,Touhami M., 2014** - Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). Laboratoire des sols et développements durable .Faculté des sciences. Université Badi Mokhtar, Annaba BP12, Algérie. LARHYSS Journal P-ISSN1112-3680/E-ISSN2521-9782, no (19).pp :10-13.

### L

**Ladjel S., 2009** - Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation, Les cahiers techniques du stage T 7. Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou, 101p.

**Lafferriere M., Nadeau A., Malenfant G., 1995** - La contamination par les nitrates : Prévention des risques à la santé. Paris, p38.

**Lambert R., 1996** - Géographie du cycle de l'eau. Paris, 222p.

**Lanteigne J., 2003** - Encyclopédie de l'agora. Canada, p22.

**Le service public d'information de l'eau, 2019** - Les impact de la pollution de l'eau. Paris, France, p78.



**Lebeau J.P., 2010** - docteur clic : un service santé assistance. Paris, p76.

**Ledler., 1986 - In HAOUSSA, N., (2013)** - Etude de la qualité des eaux des mélanges eau d'oued Biskra – Eau de Droh. Mémoire de Master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider –Biskra : Faculté des sciences et de technologie, p25.

**Ledrans M., Festy B., Hartemann P., Levallois P., Payment P., Tricard D., 2003** - Qualité de l'eau: Environnement et santé publique fondements et pratiques. Paris, pp: 33-36.

**Lefèvre T., 2013** - La répartition de l'eau sur la Terre, Planète viable, 29 oct. 2013. Canada, p3.

**Lenntech B.V., 2014** – Water treatment solutions. Delft, The Netherlands, p98.

**Levallois P., 2003** - Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec - Canada, p3.

**Louise Schriver M., 2012** – La gestion durable de l'eau : Ressources- Qualité- Organisation. Technique et ingénierie, Paris : Dunod , (1) :249p.

**Louis J., Ballif P., 2010** - De l'eau vive pour tous les hommes. Paris - France, p116.

**Lunc J., Lagradette M., 2004** - L'eau potable et l'assainissement. Ed. Johannes, Paris, p2.

## M

**Marc L., 2003** - Le dossier de l'eau : pénurie, pollution, corruption. France, p76.

**Margat J., Andréassian V., 2008** - L'eau, le cavalier bleu. Paris, p52.

**Masschelein., 1996** - Processus unitaire du traitement de l'eau potable. Ed. CEBE spilliège, Paris, p23.

**Mens., Derouane., 2000**- État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie. France, p35.

**Meyerowitz S., Richard Q., Bisson J., 2008** - L'eau, le meilleur remède. Québec (Canada), pp : 215-218.

**Mouchet J., 2004** - Biodiversité du paludisme dans le monde. 214p.

**Montiel A., 2004** - Contrôle et préservation de la qualité microbiologique des eaux : traitements de désinfection, Traitements de potabilisation et assurance qualité des eaux de consommation humaine, Revue Française des Laboratoires, N° 364, pp : 51-53.

**Myrand D., 2008** - Guide technique, captage d'eau souterraine pour résidences isolées. Québec, 198p.

N

**Nanfack N.A., Fonteh F., Vincent K., Katte B., Fogoh J., 2014** - Eau non conventionnelles : un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres, Université de Dschang, Cameroun. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, no (17), p96.

O

**OECD., 2005** - Etudes économiques de l'OCDE. Brésil, p36.

**OECD., 2008** - La performance environnementale de l'agriculture dans les pays de l'OCDE depuis 1990. Paris, 159p.

**Ojwag A., 2003** - Prends garde (watch out) ft discoveries Paris, pp : 43-44.

**OMS., 1994** - Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol.1, recommandations, Organisation mondiale de la Santé, 2<sup>ème</sup> Ed. France, 202 p.

**OMS., 2000** - Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol. 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2<sup>ème</sup> Ed., France, 1050 p.

**OMS., 2004** - Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3<sup>ème</sup> Ed. Vol 1, Directives, Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110 p.

P

**Papy L., 2010** - Dynamiques des campagnes tropicales. France, pp: 70-75.

**Parbet F., 2003** - Maladies infectieuses : toutes les pathologies des programmes officiels. Paris, 145p.

**Pichard E., 2002** - Malin trop Afrique : manuel de maladies infectieuses pour l'Afrique. Paris, 155p.

**Pinay G., Gascuel CH., Ménesguen A., Souchon Y., Le Moal M., Levain A., Étrillard C., Moatar F., Pannard A., Souchu Ph., 2018** - L'eutrophisation: Manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. France, 114p.

**Poirier J., 2004** - L'indispensable pour vivre en santé. Québec Canada, p3.

**Pollard T.D., Earnshaw W.C., 2004** - Biologie cellulaire. France, p32.

**Potelon J-L ., Zysman K., 1998** - Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territoria. France, p45.

**Pratt CH., Cornely K., 2019** – Biochimie. Paris, p52.

Programme des nations unies pour l'environnement., 2007 - Arenis de l'environnement mondial: GEO - 4. Ed. Phoenix Désigne Aid, Danemark, 514p.

## R

**Rampal P., Berugerie L., Marteau P., 2002** - Colites infectieuses de l'adulte. Paris, 225p.

**Rejsek F., 2002** - Analyse des eaux ; Aspects réglementaires et technique. France, 470p.

**Rigole M., Langlois C.V., 1999** – ACAPULCO. 2<sup>ème</sup> Ed. 2000, Canada, 322p.

**Rodier J., 1996** - L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6<sup>ème</sup> édition: Dunod, Paris, p58.

**Rodier, J., 2005** - L'analyse de l'eau Eau naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9<sup>ème</sup> édition: Dunod, Paris, p66.

**Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., 2005** - L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

**Rodier J., 2009** - L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9<sup>ème</sup> édition: Dunod, Paris, p22.

**Rodier J., Legube B., Merlet N., 2009** - L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> édition, Ed. Dunod, Paris, 1579p.

**Rogeaux O., 1991-** Fièvre typhoïde, Association Tokombéré, Développement et Santé. n°91, Cameroun, p25.

**Rogge J., 2008** - Liber amicorum. Ed. Michiels, Paris, p39.

**Ruffie J., 1993** - Naissance de la médecine prédictive. Paris, 114p.

### S

**Salmon J.N., 2003** - Danger de pollution. Ed. Presses universitaires de Bordeaux, Pessac, France, 122p.

**Savary P., 2010** - Guide des analyses de la qualité de l'eau territorial . Voiron, France, PP : 10-179

**Service de l'Eau (SEVESC), 2013** - Qualité de l'eau potable en sortie de l'usine de traitement d'eau potable de Versailles et Saint Cloud. Canada, p11.

### T

**Tardat., Henry M., 1992** - Chimie des eaux .Edition Québec : Griffon d'argile. Paris, p77.

**Tonant C., 2013** - Eau technique: L'importance des propriétés organoleptiques de l'eau . vol.4, conception 8 réalisation: GRIDD - 2020 Média terre, France, pp: 70 -101.

### V

**Valentin N., 2000** - Gestion des eaux : Alimentation en eau assainissement. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, p15.

**Valverde A.L., 2008** - Comprendre le cycle de l'eau, bulletin de l'OMM, Vol 57, N°3, France, p55.

**Vilagines R., 2000** - Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, France, p44.

**Vilagines R., 2003** - Eau, environnement et santé publique, Introduction à l'hydrologie. 2<sup>ème</sup> édition, Ed. Tec&Doc, Lavoisier, Paris, pp : 195-198.

### W

**World Health Organization, UNAIDS., 2010** - Voyage internationaux et santé : Situation au 1<sup>er</sup> janvier 2010. Genève, p87.

Y

**Yaméogo L., 2019** - Trente ans de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'ouest. Traitement lavricides et protection de l'environnement. Ed. IRD, Canada, pp: 20-36.

Z

**Zanat D., 2009** - Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-est algérien à travers un bio- indicateur la moule Perne perne, Mémoire de Magistère, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, pp : 26-28.

**Zegait R., Kateb S., 2016** - Qualité des eaux souterraine dans le Sahara Algérien (CAS DE TIDIKELT EST). Journal of Advanced Research in Science and Technology ISSN : 2352-9989. Laboratoire de génie de l'eau et environnement (LGEE), Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique. Université de KasdiMerbeh- Ouargla, Algérie, ENSH, R.N 29 Guerrouaou BP 31 Blida (09000), 3(1) : 301-312.

# **Annexes**

**ANNEXE N°01: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation.**

7 Jomada El Oula 1435 9 mars 2014		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		15
ANNEXE				
Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine				
Tableau 1 : paramètres avec valeurs limites				
GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES	
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2	
	Ammonium	mg/l	0,5	
	Baryum	mg/l	0,7	
	Bore	mg/l	- Eaux conventionnelles : 1 - Eaux déssalées ou déminéralisées : 1,3	
	Fluorures	mg/l	1,5	
	Nitrates	mg/l	50	
	Nitrites	mg/l	0,2	
	Oxydabilité	mg/l O <sub>2</sub>	5	
	Acrylamide	µg/l	0,5	
	Antimoine	µg/l	20	
	Argent	µg/l	100	
	Arsenic	µg/l	10	
	Cadmium	µg/l	3	
	Chrome total	µg/l	50	
	Cuivre	mg/l	2	
	Cyanures	µg/l	70	
	Mercure	µg/l	6	
	Nickel	µg/l	70	
	Plomb	µg/l	10	
	Sélénium	µg/l	10	
	Zinc	mg/l	5	
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2	
	Fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (11,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1,2,3-cd) pyrène, benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,01	
	Benzène	µg/l	10	
	Toluène	µg/l	700	
	Ethylbenzène	µg/l	300	





## ANNEXE (suite)

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques (suite)	Xylènes	µg/l	500
	Styrène	µg/l	100
	Agents de surface régissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4
	Microcystine LR	µg/l	1
	Pesticides par substance individualisée		
	- Insecticides organochlorés persistants	µg/l	0,1
	- Insecticides organophosphorés et carbamates	µg/l	0,1
	- Herbicides	µg/l	0,1
	- Fongicides	µg/l	0,1
	- P.C.B	µg/l	0,1
	- P.C.T	µg/l	0,1
	- Aldrine	µg/l	0,03
	- Dieldrine	µg/l	0,03
	- Heptachlore	µg/l	0,03
	- Heptachlorépoxyde	µg/l	0,03
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlorite	µg/l	0,07
	Trihalométhanes par substance individualisée :		
-Chloroforme	µg/l	200	
- Bromoforme	µg/l	100	
- Dibromochlorométhane	µg/l	100	
- Bromodichlorométhane	µg/l	60	
Chlorure de vinyle	µg/l	0,3	
1,2-Dichloroéthane	µg/l	30	
1,2-Dichlorobenzène	µg/l	1000	
1,4-Dichlorobenzène	µg/l	300	
Trichloroéthylène	µg/l	20	
Tetrachloroéthylène	µg/l	40	
Radionucléides	Particules alpha	Picocuriel/L	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	30
	Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	0,15
paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0



Tableau 2  
Paramètres avec valeurs indicatives

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres Organoleptiques	couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25 °C	Taux dilution	4
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO <sub>3</sub>	65 pour les eaux désalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20 °C	µS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	µg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25

**Décret exécutif n° 14-97 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 portant dissolution de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun.**

Le Premier Ministre,

Sur le rapport du ministre des ressources en eau,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2),

Vu le décret présidentiel n° 13-312 du 5 Dhou El Kaâda 1434 correspondant au 11 septembre 2013 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 94-294 du 19 Rabie Ethani 1415 correspondant au 25 septembre 1994 relatif aux modalités de dissolution et de liquidation des entreprises publiques non autonomes et des établissements publics à caractère industriel et commercial ;

Vu le décret exécutif n° 07-337 du 19 Chaoual 1428 correspondant au 31 octobre 2007 portant création de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun ;

Après approbation du Président de la République ;

**Décète :**

Article 1er. — L'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun, créée par les dispositions du décret exécutif n° 07-337 du 19 Chaoual 1428 correspondant au 31 octobre 2007 portant création de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun est dissoute.

Art. 2. — La dissolution de l'agence prévue à l'article 1er ci-dessus, donne lieu à l'établissement d'un inventaire quantitatif, qualitatif et estimatif dressé conformément aux lois et règlements en vigueur par une commission dont les membres sont désignés conjointement par le ministre des finances et le ministre chargé des ressources en eau.

Art. 3. — Le présent décret sera publié au *Journal Officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger le 2 Joumada El Oula 1435 Correspondant au 4 mars 2014.

Abdelmalek SELLAL.

**ANNEXE N°02 : Méthodes d'analyses physico-chimiques.****1. Mesure de la conductivité :**

- ✓ On utilise une verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée.
- ✓ On ajuste l'appareil à zéro.
- ✓ On ajuste la température de l'eau sur l'appareil.
- ✓ On rince plusieurs fois l'électrode de platine d'abord avec l'eau distillée puis on le plonge dans le récipient contenant de l'eau à analyser en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.
- ✓ On rince abondamment l'électrode avec de l'eau distillée après chaque mesure.

**2. Détermination du titre alcalimétrique (TA) :****2.1. Réactifs utilisés :**

- ✓ Acide chlorhydrique HCL (0.02N).
- ✓ Solution de phénophtaléine (PP) indicateur coloré.

**2.2 Mode Opératoire :**

Dans un erlenmayer de 250ml, on prélève 10ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de solution phénophtaléine, une couleur rose doit se développer. Si aucune coloration n'apparaît et le pH est inférieur à 8 donc TA=0 dans ce cas on détermine seulement le (TAC).

**3. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) :****3.1. Réactifs utilisés :**

- ✓ Acide chlorhydrique HCL 0.02N.
- ✓ Indicateur coloré vert de bromocrésolé.

**3.2. Mode opératoire :**

Dans un erlenmayer de 250ml : on prélève 10ml à analyser, on ajoute 2 gouttes de vert de bromocrésolé, on titre ensuite avec l'HCL à 0.02 N jusqu'au virage du jaune au jaune orangé, on note le volume titré et faire le calcul.

#### **4. Dosage de la dureté totale (Titre Hydrométrique TH) :**

##### **4.1. Réactifs utilisés : (Acide Ethylène Diamine-tétra-Acétique)**

- ✓ Solution d'EDTA (Sel dissodique d'Acide Ethylène Diamine-tétra-Acétique) à 0.02N.
- ✓ Solution tampon (pH= 10).
- ✓ Indicateur coloré Noir d'ériochrome (N.E.T).

##### **4.2. Mode opératoire :**

Dans un erlenmayer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser, puis on ajoute 0.5 ml de la solution tampon (pH= 10) et 2 gouttes d'indicateur coloré (N.E.T), ensuite on titre avec l'EDTA jusqu'au virage du mauve au bleu, on lire la chute de la burette.

#### **5. Dosage du l'ion de calcium :**

##### **5.1. Réactifs utilisés :**

- ✓ Solution d'EDTA (Sel dissodique d'acide éthylène diamine tétra-acétique à (0.02N).
- ✓ Solution NaOH (0,1N).
- ✓ Indicateur coloré Murixide.

##### **5.2. Mode opératoire :**

Dans un erlenmayer de 250ml, on prélève 10ml d'eau à analyser, on ajoute 0.4ml de solution d'hydroxyde de sodium NaOH et une pincée de murixide, puis on titre par la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au mauve.

#### **6. Dosage des ions des chlorures « méthode de Mohr » :**

##### **6.1. Réactifs utilisés :**

- ✓ Solution de chromate de potassium à 10 % ;
- ✓ Solution de nitrate d'argent à 0.01N ;

##### **6.2. Mode opératoire :**

Dans un erlenmayer de 250ml, prélève 10ml d'eau à analyser, puis on ajoute 2 gouttes de chromate de potassium à 10 % puis on titre avec le nitrate d'argent (AgNO<sub>3</sub> à 0.01N) jusqu'au virage au jaune orangé.

**ANNEXE N°03 : Méthodes d'analyse Spectrophotométrie d'absorption moléculaire.**

Tous les dosages sont effectués au niveau d'un spectrophotomètre de marque **(ODYSSEY / HACH) DR 2800.**

**Mode opératoire :**

- ✓ Appuyer sur programme HACH : Sélectionner le programme qui correspond à chaque élément mesuré.
- ✓ Transférer 10 ml d'eau distillée dans une cuve (blanc).
- ✓ Transférer 10 ml de l'échantillon dans une autre cuve (l'échantillon préparé).
- ✓ Transférer le contenu d'une pochette de réactif dans la cuve de l'échantillon préparé.
- ✓ Appuyer sur l'icône représentant la minuterie, en suite OK, une période de réaction va commencer.
- ✓ Lorsque la minuterie ralentie, essuyer l'extérieur du blanc et introduire dans le compartiment de cuve.
- ✓ Appuyer sur zéro, l'indication suivant apparaît sur l'écran 0,00 mg/L.
- ✓ Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et introduire dans le compartiment de cuve.
- ✓ Lire le résultat directement sur l'écran en mg/L.

**Remarque :** la préparation du blanc et de l'échantillon varie d'un dosage à un autre.

**1. Dosage des nitrites :**

- ✓ Programme : 371.
- ✓ Blanc : 10ml d'eau à analyser.
- ✓ Échantillon : 10ml d'eau à analyser + pochette de réactif pour nitrite Nitri ver2.

**2. Dosage de l'azote ammoniacal :**

- ✓ Programme : 380
- ✓ Blanc : 25ml d'eau distillée + 3 gouttes minéral stabiliser +3 gouttes agent dispresing (polyvinyle alcool) + 1 ml de réactif Nessler.
- ✓ Echantillon : 25ml d'eau à analyser + 3 gouttes minéral stabiliser + 3 gouttes agent dispresing (polyvinyle alcool) + 1 ml de réactif Nessler.

**3. Dosage des phosphates :**

- ✓ Programme : 951.
- ✓ Blanc : 10ml d'eau à analyser.
- ✓ Echantillon : 10ml d'eau à analyser + pochette de réactif Phos ver 3.

**4. Dosage du fer :**

- ✓ Programme : 265.
- ✓ Blanc : 10 ml d'eau à analyser
- ✓ Echantillon : 10ml d'eau à analyser + pochette de réactif Ferro ver.

**5. Dosage des sulfates :**

- ✓ Programme : 680.
- ✓ Blanc : 10ml d'eau à analyser.
- ✓ Echantillon : 10ml d'eau à analyser + pochette de réactif Sulfa ver 4.

**ANNEXE N°04: Composition des milieux de culture.****1. Milieux solides :****1.1. Gélose Tryptone Extrait de levure (TGEA) :**

*Extrait de levure	1 g
*Peptone de caséine	5 g
*Glucose	1 g
*Extrait de viande	3 g
*Agar	18 g
*Eau distillée	1000 ml
*PH	7

**Autoclavage pendant 20 min à 120 °C**

**1.2. Gélose Viande Foie (FV) :**

*Base viande foie	20 g		
*Glucose	0,75 g		
*Amidon	0,75 g		
*Sulfite de sodium	1,2 g		
*Carbonate de sodium	0,67 g		
*Agar-agar	11 g	*Eau distillée	1000 ml

Dissoudre les constituants, répartir en tubes ou en flacon, Autoclavage (15min à 120 °C).

**1.3. Gélose de Slanetz :**

*Agar-agar	10 g
*Peptone	20 g
*Azide de sodium	0,4 g



- \*Glucose 2 g
- \*TTC (chlorure de 2-3-5 triphényl-tétrazolium) 0,1 g

#### 1.4. Gélose lactosée au Tergitol 7 et au TTC :

- \*Peptone 10 g
- \*Extrait de viande 5 g
- \*Extrait de levure 6 g
- \*Lactose 20 g
- \*Tergitol 7 10 mg
- \*TTC (chlorure de 2-3-5 triphényl-tétrazolium) 25 mg
- \*Bleu de bromothymol 50 mg
- \*Agar 13 g (pH = 7,2)

#### 1.5. Gélose Bouillon lactosée bilié au vert brillant (BLBVB) :

- \*Peptone 10 g
- \*Lactose 10 g
- \*Bile 20 ml
- \*Vert brillant 13 mg (pH= 7,4)

#### 1.6. Gélose nutritive :

- \*Peptone 10g
- \*Extrait de viande 5g
- \*Chlorure de sodium 5g
- \*Gélose 15g

**Autoclavage pendant 20mn à 120°C (pH= 7.2)**

**ANNEXE N°05 : Préparation des solutions (Laboratoire ADE)****1. Préparation de solution EDTA 0,02N**

\*EDTA (poudre séchée pendant 1heure à 180°C) 3,7264

\*Eau distillée 1000 ml

**2. Préparation de solution Acide chlorhydrique 0,02N**

\*Acide chlorhydrique pure (HCL) 8 ml

\*Eau distillée 1000 ml

**\* Préparation de solution Acide chlorhydrique 0,02N**

\*Acide chlorhydrique 0.1N 100 ml

\*Eau distillée 400 ml

**3. Préparation de solution N.E.T**

\*Noir d'eriochrome T (N.E.T) 0,4 g

\*Alcool éthylique 100 ml

Conserver à l'abri de la lumière

**4. Préparation de solution tampon à PH = 10**

\*Chlorure d'ammonium 34 g

\*Ammoniaque 285 g

\*Tartrate double de K et Na 200 g

\*Eau distillée 1000 ml

**5. Préparation de solution de Nitrates d'argent 0.01N**

-Nitrate d'argent (AgNO<sub>3</sub> séché) 1.6985g

-Eau distillée Conserver à l'abri de la lumière 500 ml

**6. Chromate de potassium  $K_2 Cr_2 O_4$**

\*Chromate de potassium  $K_2 Cr_2 O_4$       10g

\*Eau distillée      100 ml

**7. Préparation de solution d'hydroxyde de sodium NaOH 0.1N**

\*NaOH      1.124 g

\*Eau distillée      275 ml



**Captage Sidi Medjahed**



**Captage Dar Ben Tata**

## **ملخص :**

الماء مورد طبيعي ثمين وأساسي للاستخدامات المتعددة. لطالما كانت مياه الينابيع مرادفًا للمياه النظيفة التي تلبي بشكل طبيعي معايير الشرب ، وهذه المياه أقل حساسية للتلوث. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لأربعة مصادر طبيعية في بلديات ولاية تلمسان : (سيدي مجاهد، عين الكبيرة، دار بن طاطا، عين الدفلة) لضمان السلامة الصحية للمستهلكين. أجريت تحليلات فيزيائية كيميائية على العينات الأربع بقياس درجة الحرارة، درجة الحموضة، التوصيل الكهربائي، التعكر، القساوة الكلية، الكالسيوم، المغنيزيوم، الكلوريدات ، النتريت. أظهرت نتائج هذه التحليلات أن هذه المياه صلبة ومعنوية بمستويات عالية من المغنيسيوم والبيكربونات ، لذا فإن مصادرنا ذات جودة مرضية وتتوافق مع المعايير تتضمن التحليلات البكتريولوجية في البحث عن الجراثيم الكلية، بكتريا القولون الكلية والبرازية (إشريكية قولونية) ، المكورات العقدية البرازية ومخفضات كلوستريديوم سلفيتو. أوضحت النتائج الغياب التام لمؤشرات التلوث البرازي مثل القولونيات القولونية والعقدية البرازية والبرازية للمصادر الثلاثة (دار بن طاطا ، سيدي مجاهد وعين الدفلة) ، كما أنها تتوافق مع المعايير الجزائرية باستثناء المصدر (عين الكبيرة) الذي يظهر وجود المكورات العقدية البرازية وبالتالي فهو غير صالح للاستهلاك البشري ويشكل تهديدا لصحة الإنسان.

**الكلمات المفتاحية:** مياه الينابيع ، الجودة ، التحاليل الفيزيائية الكيميائية ، التحاليل البكتريولوجية ، معايير مياه الشرب.

## **Résumé :**

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Les eaux de sources ont pendant longtemps été synonyme des eaux propres répondant naturellement aux normes de potabilité, ces eaux sont en effet moins sensibles aux pollutions.

La présente étude a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de quatre sources naturelles dans les communes de la wilaya de Tlemcen: (Sidi Medjahed, Ain El Kbira, Dar Ben Tata, Ain Defla), ceci pour assurer la sécurité sanitaire des consommateurs.

Les analyses physicochimiques ont été effectuées sur les quatre échantillons en mesurant les paramètres suivants : La température, le pH, la conductivité électrique (CE), la turbidité, la dureté totale, le calcium ( $Ca^{2+}$ ), le magnésium ( $Mg^{2+}$ ), les chlorures ( $Cl^{-}$ ), les nitrites ( $NO_2^{-}$ ).

Les résultats de ces analyses ont montré que ces eaux sont dures et minéralisées avec des teneurs élevées en magnésium et en bicarbonates, donc nos sources sont de qualité satisfaisante et conforme aux normes. Les analyses bactériologiques consistent à rechercher des germes totaux, les coliformes totaux et fécaux (E. coli), les streptocoques fécaux et les Clostridium sulfito-réducteurs.

Les résultats ont montré l'absence totale des indicateurs de contamination fécale tels que les Coliformes totaux, fécaux et Streptocoques fécaux pour les trois sources (Dar BenTata, Sidi Medjahed et Ain Defla), elles sont également conformes aux normes Algériennes à l'exception de la source (Ain El-Kabira) qui montre la présence de streptocoque fécal, donc elle est impropre à la consommation humaine et constitue une menace pour la santé humaine.

**Mots clés :** eau de source, qualité, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques, normes de potabilité.

## **Abstract :**

Water is a precious and essential natural resource for many uses. Spring water has for a long time been synonymous with clean water that naturally meets drinking water standards, as it is less sensitive to pollution.

The objective of this study is to evaluate the physico-chemical and bacteriological quality of four natural sources in the communes of the wilaya of Tlemcen: (Sidi Medjahed, Ain El Kbira, Dar Ben Tata, Ain Defla) to ensure consumer health safety.

Physicochemical analyses were performed on the four samples by measuring the following parameters: temperature, pH, electrical conductivity (EC), turbidity, total hardness, calcium ( $Ca^{2+}$ ), magnesium ( $Mg^{2+}$ ), chlorides ( $Cl^{-}$ ), nitrites ( $NO_2^{-}$ ).

The results of these analyses have shown that these waters are hard and mineralized with high levels of magnesium and bicarbonates, so our sources are of satisfactory quality and meet the standards. Bacteriological analysis involves the search for total germs, total and faecal coliforms (E. coli), faecal streptococci and Clostridium sulfito-reductors.

The results showed a complete absence of faecal contamination indicators such as total coliforms, faecal and faecal streptococci for the three sources (Dar Bentata, Sidi Medjahed and Ain Defla), they also comply with Algerian standards with the exception of the source (Ain El-Kabira) which shows the presence of fecal streptococcus, therefore it is unfit for human consumption and constitutes a threat to human health.

**Key words :** source water, quality, physico-chemical analysis, bacteriological analysis, potability standards.