

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOÛT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Microbiologie Appliquée

Intitulé

**Analyse physico-chimique et
microbiologique de l'eau de sources de la
région « Kanoua » ouest de Skikda.**

Présenté Par :

- AHMED CHAUCHE Aissam
- KERCENNA Maroua
- LATRECHE Anfel
- LEDJASSA Rabah
- MATMED Ranya

Membres de Jury :

MELOUKA Hadda	M.C. B Présidente	Université 20 août 1955- Skikda
ENNAGHRA Nadjat	M.C. A Promotrice	Université 20 août 1955- Skikda
DJERRAB Leila	M.C. B Examinatrice	Université 20 août 1955- Skikda

Année universitaire 2024/2025

Remerciements

Nos remerciements avant tout au Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé, le courage et la patience qu'il nous a donnés pour pouvoir arriver à ce niveau afin de réalises ce modeste travail.

*A notre promotrice **Dr. ENNAGHRA Nadjet** d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème et nous avoir conseillées judicieusement, de nous avoir orientées et encouragées tout au long de ce travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail. Nous voudrions remercier à **Dr. MELOUKA Hadda**, qui nous a honoré de sa présence et d'avoir accepté de présides le jury. Nous remercions également **Dr. DJERRAB Leila** qui a accepté d'examiner ce travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à Mr **Le Directeur de La Raffinerie RA2K** pour leur gentillesse, leur soutien, et leur professionnalisme, qui ont grandement facilité nos intégrations et m'ont permis d'enrichir nos connaissances.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à toute l'équipe du laboratoire central de ADE à ZIRAMENA, et aussi tout l'équipe du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Skikda, en particulier Mr **ZAID Nessreddine**, qui nous guidés et nous a appris beaucoup d'information sur le thème de notre mémoire.*

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents, **Bachir** et **Farida** pour leur amour, leurs sacrifices et leur soutien inconditionnel tout au long de mon parcours.

À mes frères **Imad** et **Housseem** et mes sœurs **Meriem** et **Selma**, pour leur présence et leurs encouragements.

À mes amis fidèles, pour leur accompagnement, leur aide et leurs précieux conseils durant ces années d'études.

À toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Aissam

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie,
Le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, ma*

Femme

*« **BOUHADJA Imane** »*

A mes chers petits-enfants, avec tout mon amour. Vous êtes la joie de ma vie

*« **Ibrahim et Ishak** »*

*A mes très chères sœurs :« **Nadia, Hassiba et Fatima** » Que Dieu gardé pour
moi.*

*A mes très chères frère « **Mourad et Nourredine** », Que Dieu gardé pour moi.*

*A mes très proches amies ..., pour leur accompagnement, leur aide et leurs
précieux conseils durant ces années d'études*

Je leurs souhaite tout le bonheur du monde.

Rabah

Dédicace

Louange à Dieu, car aucun effort n'aboutit sans Son aide, et aucune réussite ne se conclut sans Sa grâce.

Je dédie ce travail :

À

*Celui dont je porte le nom avec fierté, à celui qui a été la raison de mon succès :
mon cher père **Abdelkrim**.*

À

*La prunelle de mes yeux, mon modèle, ma vie, à celle dont les prières ont été le
secret de ma réussite : ma chère mère **Nadia**.*

*Je prie le bon dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront
toujours fiers de moi.*

À

Celles qui m'ont un véritable soutien :

*Mes sœurs **Yousra** et **Maissa**,*

*Et à mes frères **Ala Eddine**, **Nasr Eddine** et **Kossai**.*

À

*Toute la famille **MATMED** et **KISSAR**, à chacun selon son nom et son rang.*

À

*Mes collègues dans ce travail : **Rabah**, **Aissam**, **Anfel** et **Marwa**.*

À

*Tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail, Et aux amis fidèles et
compagnons de toujours.*

Ranya

Dédicace

A l'aide de Dieu le tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie :

A

Mes chers parents, qui ont consacré leurs existences à bâtir la mienne, pour leur soutien, leurs patiences, leur encouragement et pour que je puisse arriver à ce stade.

A

*Mon cher papa **KAMEL**. Qui est toujours disponible pour nous, et prêt à nous aider, je lui confirme mon attachement et mon profond respect.*

A

*Ma chère Mama **FARIDA**. Qui ma encourage durant toutes mes études. A*

*Mes chers frères : **Marouane et Anis***

*À mes collègues dans ce travail : **Rabah, Aissam, Anfel et Ranya**.*

A

*Mes chères amies : **Wafa, Rahma, Chaima, Sara, Ines**.*

Maroua

Dédicace

À

Mes chers parents, Latreche Ahsene et Djamoune Hayet, source d'amour et de sacrifices, je vous dédie cette réussite.

À

Mon frère Ziad et à ma sœur Alaa Errahmane, merci pour votre soutien. À

Ma grand-mère Safia Djâami, pour ton amour et tes prières.

À

*Toute ma grande famille, mes oncles, tantes, et particulièrement : **Zohir LATRECHE, Ahmed DJAMOUNE, Azeddine NEGHRA, BOUDHEB Fateh, Noura, Soumia, Fatiha, Malika, Assia**, ainsi que mon cousin **Fares Latreche**... merci pour votre présence et votre affection.*

À

*La famille **LATRECHE** et à mes amis, pour votre soutien et vos encouragements, je vous dédie ce travail avec toute ma gratitude*

Anfel

SOMMAIRE

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des Figure

Liste des abréviations

Introduction générale.....1

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Introduction	3
2. Les eaux souterraines.....	3
2.1. Les eaux de sources.....	3
3. Pollution de l'eau	4
4. Maladies Hydriques.....	4
5. Les paramètres globaux de la qualité des eaux.....	5
5.1. Paramètres organoleptiques	5
5.1.1. Couleur.....	5
5.1.2. Gout et odeur.....	6
5.2. Paramètres physico-chimiques.....	6
5.2.1. Température.....	6
5.2.2. Potentiel d'hydrogène (pH).....	6
5.2.3. Conductivité électrique.....	6
5.2.4. TDS (Total Dissolve Solids).....	6
5.2.5. Turbidité.....	7
5.2.6. Matière en suspension.....	7
5.2.7. Titre alcalimétrique de l'eau.....	7
5.2.8. Titre alcalimétrique complet.....	7
5.2.9. Dureté ou titre hydrotimétrique.....	7

SOMMAIRE

5.2.10. Les ions majeurs.....	8
5.2.11. Nutriment et polluants.....	8
5.3. Paramètre bactériologiques.....	9
5.3.1 Coliformes totaux.....	10
5.3.2 Coliformes fécaux.....	10
5.3.3 Streptocoques fécaux.....	10

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

1. Cadre d'étude	11
1.1. Présentation zone d'étude.....	11
1.2. Analyse Physico-chimique.....	11
1.3. Analyse bactériologique.....	12
2. Echantillonnage	13
2.1. Choix des stations de prélèvement	13
2.2. Technique de prélèvement.....	13
2.3. Transport des échantillons.....	14
3. Méthode d'analyse.....	14
3.1. Analyse bactériologique.....	14
3.1. Analyse physico-chimique.....	16

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Analyse physico-chimique	26
2. Analyse bactériologique.....	35
3. Discussion	38
Conclusion.....	42
Références bibliographiques.....	43
Annexes.....	46

Résumé :

Ce mémoire a porté sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de dix sources naturelles situées dans la commune de Kanoua, à l'ouest de la wilaya de Skikda (Algérie). Les résultats des analyses physico-chimiques ont révélé que la majorité des paramètres mesurés (température, pH, conductivité, turbidité, minéraux, etc.) sont conformes aux normes algériennes de potabilité, indiquant une eau globalement douce et faiblement minéralisée. Cependant, les analyses microbiologiques ont mis en évidence des contaminations fécales dans certaines sources, notamment S1, S5 et S10, avec la présence de coliformes fécaux (*Escherichia coli*) et, dans un cas, de streptocoques fécaux. Une seule source, S8, a présenté une qualité microbiologique parfaite. Ces résultats soulignent la nécessité de mesures de protection et de surveillance pour garantir la sécurité de l'eau destinée à la consommation humaine.

Mots clés : Analyse Physico-chimiques, Analyse bactériologiques, Eau de source, Kanoua.

Abstract :

This thesis focused on the evaluation of the physico-chemical and microbiological quality of ten natural springs located in the commune of Kanoua, west of the wilaya of Skikda (Algeria). The results of the physico-chemical analyses revealed that the majority of the measured parameters (temperature, pH, conductivity, turbidity, minerals, etc.) comply with Algerian drinking water standards, indicating a generally soft and weakly mineralized water. However, microbiological analyses have highlighted faecal contamination in certain sources, notably S1, S5 and S10, with the presence of fecal coliforms (*Escherichia coli*) and, in one case, faecal streptococci. Only one source, S8, presented a perfect microbiological quality. These results highlight the need for protection and monitoring measures to ensure the safety of water intended for human consumption.

Keywords : Physico-chemical analysis, Bacteriological analysis, Spring water, Kanoua.

ملخص

ركزت هذه الأطروحة على تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والمكروبيولوجية لعشرة منابع طبيعية تقع في بلدية قنواع غرب ولاية سكيكدة (الجزائر). كشفت نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية أن غالبية العوامل المقاسة (درجة الحرارة، الرقم الهيدروجيني، الموصلية، التعكر، المعادن، إلخ) تتوافق مع معايير مياه الشرب المعمول بها في الجزائر، مما يشير إلى مياه ناعمة وضعيفة التمعدين بشكل عام. ومع ذلك، فقد سلطت التحليلات الميكروبيولوجية الضوء على التلوث البرازي في مصادر معينة، ولا سيما S1 و S5 و S10، مع وجود القولونيات البرازية (الإشريكية القولونية)، وفي حالة واحدة، المكورات العنقودية البرازية. مصدر واحد فقط وهو S8، قدم جودة ميكروبيولوجية مثالية. وتسلط هذه النتائج الضوء على الحاجة إلى اتخاذ تدابير الحماية والمراقبة لضمان سلامة المياه المخصصة للاستهلاك البشري.

الكلمات المفتاحية: تحاليل فيزيائية كيميائية، تحاليل بكتريولوجية، مياه المنابع وقنواع

LISTE DES FIGURES

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	La situation géographique de la commune du Kanoua dans la wilaya de Skikda	10
02	Plan général de la Raffinerie.	11
03	La situation géographique Laboratoire centrale ADE Skikda	12
04	La situation géographique des sites de prélèvement	12
05	Rampe de filtration – Papier filtre.	13
06	Test de confirmation.	15
07	pH-mètre.	16
08	Multi-paramètre.	17
09	Turbidimètre.	17
10	Dosage du TA et TAC.	19
11	Dosage du TH.	20
12	Photomètre de flamme.	21
13	Dosage du Chlorure.	22
14	Spectrophotomètre pour analyses des eaux.	24
15	Variation des températures dans les différentes sources.	25
16	Variation des pH dans les différentes sources.	26
17	Variation des conductivités dans les différentes sources.	26
18	Variation des TDS dans les différentes sources.	27
19	Variation des turbidités dans les différentes sources.	27
20	Variation de MES dans les différentes sources.	28
21	Variation des TAC dans les différentes sources.	28
22	Variation des TH dans les différentes sources.	29
23	Variation de calcium dans les différentes sources.	29
24	Variation de Magnésium dans les différentes sources.	30
25	Variation de Sodium dans les différentes sources.	30
26	Variation de Potassium dans les différentes sources.	31
27	Variation de Chlorure dans les différentes sources.	31
28	Variation de fer dans les différentes sources.	32
29	Variation de cuivre dans les différentes sources.	32
30	Variation des Nitrites dans les différentes sources.	33
31	Variation des Nitrates dans les différentes sources.	33
32	Déférence entre résultat de repiquage positif	35
33	Confirmation de la présence E-coli dans les sources contaminé	35

LISTE DES ABREVIATIONS

Liste des abréviations :

ADE : Algérienne Des Eaux

BEA : Bile Esculine Azide

EDTA : Éthylène Diamine Tétra-Acétique

F : Degré Français

HSN : Harmonized System Nomenclature

MES : Matière En Suspension

mg/L : Milligrams Par Litre

NaOH : Hydroxide de Sodium

NTU : Unité Néphélométrique de Turbidité

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

pH : Potentiel d'Hydrogène

PPM : Parties Par Million

S : Source

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TDS : Solides Dissous Totaux

TH : Titre Hydrotimétrique

UC : unité de Couleur

UFC : Unité Formant Colonie

μS/cm : Micro Simens Par Centimètre

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Introduction :

La pollution de l'eau potable constitue un défi mondial majeur et un danger grave pour la santé humaine. Cette contamination peut survenir à la source, durant la distribution ou même à l'intérieur des foyers, et elle peut être transmise par divers agents pathogènes (**OMS, 2017 ; Bedada et al., 2018**). Ce problème est d'autant plus préoccupant dans les communautés défavorisées, en grande partie à cause d'un manque de sensibilisation et de l'absence de mise en œuvre de mesures d'assainissement à plusieurs niveaux (**Baye et al., 2021**). Il est impossible de surestimer l'importance de l'accès à une eau propre et sûre, car il s'agit d'un droit fondamental (**Appiah-Effah et al., 2019**) et d'un élément essentiel pour la santé et le bien-être (**UNDESA, 2011 ; Shaheed et al., 2014**).

L'eau est un élément naturel d'une importance capitale, jouant un rôle fondamental pour tous les êtres vivants. Elle constitue le principal composant de la matière vivante (**Motuma et Mulissa, 2008**). L'eau de source se distingue par son équilibre chimique et sa richesse en minéraux tels que le calcium, le magnésium, le potassium et le bicarbonate (**Smedley et Kinniburgh, 2002**). Ces minéraux confèrent à l'eau de source des propriétés gustatives uniques et des bienfaits pour la santé, notamment en contribuant à l'équilibre électrolytique de l'organisme et à la santé des os et des dents.

L'eau de source présente de nombreux avantages pour la santé (**Vallance et Gorman, 2017 ; Liu et Jones, 2018 ; Gordon et Preece, 2019**). En plus de fournir des minéraux essentiels, elle est naturellement exempte de polluants courants comme les pesticides, les produits chimiques industriels et les bactéries pathogènes (**Smith et Jones, 2018 ; Levine et Patel, 2019**). Grâce à sa pureté et à sa composition minérale, elle constitue une option idéale pour l'hydratation, favorisant ainsi la santé générale et la vitalité de la peau. La qualité de l'eau dépend de ses caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques (**Miller et Brown, 2018 ; Gordon et Myers, 2019**).

Le taux de contamination de l'eau potable est plus élevé en milieu rural (41 %) qu'en

INTRODUCTION GENERALE

milieu urbain (12 %), avec les taux les plus importants observés en Afrique (53 %) et en Asie du Sud-Est (35 %) (**Bain et al., 2014**). Environ 525 000 enfants de moins de cinq ans meurent chaque année de maladies diarrhéiques, pour la plupart liées à une eau insalubre, à un assainissement inadéquat et à une mauvaise hygiène (**OMS, 2017**). Des agents pathogènes comme *Salmonella*, *Vibrio cholerae*, *Shigella*, *E. coli*, *Hepatovirus A* et *Hepatovirus E* sont couramment transmis par l'eau potable contaminée, provoquant des maladies graves, voire mortelles (**OMS, 2017**).

En Algérie, la principale source d'approvisionnement en eau est constituée par les eaux souterraines, en raison de la facilité relative de leur exploitation. Ces eaux sont classées en nappes phréatiques superficielles et nappes profondes (**Rezig et al., 2021**). La pollution de l'eau reste une problématique mondiale, résultant en partie de modifications chimiques (concentration, échanges d'ions, réduction) qui altèrent ses propriétés, mais aussi de changements thermiques ou microbiologiques issus de sources ponctuelles ou diffuses (**Carpenter et al., 2011 ; OMS, 2011 ; PNUE, 2016**). La pollution microbiologique est l'une des principales causes de dégradation de la qualité de l'eau et peut entraîner des maladies graves, notamment dans les pays en développement (**OMS, 2014 ; Gupta et Kar, 2016 ; Biryar et Najmaldin, 2024**).

La région de **Kanoua** est riche en sources naturelles d'eau, utilisées par la population pour boire, cuisiner et se laver. Il est donc essentiel que ces eaux possèdent de bonnes qualités physiques, chimiques et microbiologiques, et qu'elles soient conformes aux normes nationales de l'eau potable afin de ne présenter aucun danger pour la santé des consommateurs. Dans cette optique, notre étude vise à évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de dix sources naturelles situées dans les régions de **Kanoua** à l'ouest de la wilaya de Skikda, au nord-est de l'Algérie, et à déterminer leur conformité aux normes algériennes de l'eau potable.

Ce travail a pour objectif d'analyser la qualité de l'eau de source en s'appuyant sur des paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

Cette évaluation vise à apprécier son aptitude à la consommation humaine et à mettre en évidence d'éventuelles altérations d'origine naturelle ou anthropique.

C *Chapitre* | *1*

Synthèse Bibliographique

1. Introduction

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Sa consommation par l'être humain nécessite une bonne qualité physico-chimique et bactériologique (Ayad et Kahoul, 2016). Parmi les eaux destinées à la consommation humaine il y a les eaux souterraines, y compris l'eau de source.

- **L'eau potable :**

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Il est considéré comme une eau ayant les caractéristiques microbiennes, chimiques et physiques qui répondent aux directives de l'OMS ou aux normes nationales relatives à la qualité de l'eau de boisson (Ngalamulumel et al, 2021).

2. Les eaux souterraines

L'eau souterraine est une eau qui se trouve sous la surface du sol en contact direct avec le sol ou le sous-sol et qui transite plus ou moins rapidement dans les fissures et les pores en milieu saturé ou non (Ben Abbou et al, 2020). Le captage des eaux souterraines se fait par des puits, des sources, des drains ou des galeries d'infiltration (Zaoui et Kara, 2023).

En Algérie, les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique du pays, en raison de son exploitation relativement facile. Les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus à l'abri des polluants que les eaux de surface (Belghiti et al, 2013).

2.1. Les eaux de sources

L'eau de source est une eau naturelle d'origine exclusivement souterraine, généralement considérée comme protégée des risques de pollution, ce qui la rend propre à la consommation humaine à l'état naturel. Elle doit être microbiologiquement saine et ne nécessite aucun traitement à l'exception de la sédimentation des matières en suspension et des composés instables. La qualité des eaux de source est directement influencée par les caractéristiques géologiques de la nappe phréatique et des voies souterraines qu'elle traverse (Hazzab, 2011).

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

- **Origine des eaux de sources**

L'eau de source provient exclusivement des nappes souterraines, et sa pureté augmente généralement avec la profondeur de la ressource. Ces sources sont souvent situées dans des zones montagneuses ou des aires protégées, comme les parcs nationaux. Leur origine remonte aux eaux de pluie, qui s'infiltrent dans le sol et traversent différentes couches géologiques (formations aquifères) jusqu'à atteindre la nappe phréatique. Stockées sous terre, ces eaux circulent lentement le long des couches imperméables, parcourant parfois des centaines de kilomètres avant de resurgir naturellement sous forme de sources ou de cours d'eau (**Slama, Himri et Rahdoun, 2021**).

3. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau représente un grand problème pour l'environnement à cause de déficients rejets dans les rivières. Les eaux usées domestiques non épurées sont les principales sources de pollution organique des eaux. Elles dégradent de la qualité des eaux de surface et souterraines (**Bahroun et kherici, 2011**).

Une grande variété d'opérations industrielles rejette directement ou indirectement des polluants dans les sources d'eau ambiantes. Ces polluants varient selon l'usage de l'eau au pendant le refroidissement, le lavage, l'extraction, la dissolution, activités de l'usine... etc. (**Zaoui et Kara, 2023**).

Les activités agricoles affectent significativement la qualité de l'eau, principalement par des pollutions diffuses issues du lessivage et de l'érosion des polluants. Les principaux contaminants sont l'azote (Nitrates), le phosphore et les produits phytosanitaires (**Laurent, 2012**).

Selon certains auteurs, les divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de la pollution de l'eau. Par exemple, Les crues consécutives à de fortes pluies facilitent la propagation des bactéries liées aux déjections d'oiseaux et d'animaux sauvages (**Zaoui et Kara, 2023**).

4. Maladies hydriques

La contamination microbienne de l'eau par des matières fécales constitue le plus grand risque pour la salubrité de l'eau potable. Selon l'estimation de l'OMS en 2022, au moins 1,7 milliard

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

de personnes dans le monde utilisaient une source d'eau potable contaminée par des matières fécales.

La contamination microbiologique de l'eau potable peut être à l'origine de la transmission de maladies telles que la diarrhée, le choléra, la dysenterie, la fièvre typhoïde et la poliomyélite, et on estime qu'elle entraîne chaque année 505 000 décès consécutifs à des maladies diarrhéiques (OMS, 2023).

La diarrhée est définie par au moins 3 émissions de selles molles ou liquides dans une journée (ou des selles plus fréquentes que ce qui est habituel pour le sujet atteint). Elle est le symptôme de diverses infections causées par des bactéries, des virus ou des parasites se transmettant, pour la plupart d'entre eux, par de l'eau contaminée avec des matières fécales.

Les rotavirus et *Escherichia coli* sont les 2 agents étiologiques les plus courants des diarrhées modérées à sévères dans les pays à faible revenu. D'autres agents pathogènes, comme *Cryptosporidium* et les espèces de *Shigella* peuvent également jouer un rôle important (OMS, 2017).

5. Les paramètres globaux de la qualité des eaux

Pour être jugée propre à la distribution, l'eau doit être potable. Une eau est considérée comme potable selon des critères de qualité organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques (Djebbar et Chitti, 2021).

5.1. Paramètres organoleptiques

5.1.1. Couleur

La coloration des eaux peut avoir une origine naturelle, industrielle, chimique ou biologique, et peut être causée par la présence des minéraux naturels comme le fer le manganèse mais aussi à la présence de planctons, d'herbages et de composés organiques comme les substances humiques et les polyphénols. Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UC (Unité de couleur) (Djebbar et Chitti, 2021).

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

5.1.2. Goût et odeur

L'eau potable doit avoir un goût et une odeur non désagréables. La plupart des eaux, qu'elles soient traitées ou non, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont un goût particulier. Le goût et l'odeur sont les caractéristiques les plus difficiles à maîtriser en raison des multiples causes et interactions (**Selaimia et Boukerche, 2023**).

5.2. Paramètres physico-chimiques

5.2.1. Température

La température est l'un des facteurs écologiques les plus importants parmi tous ceux qui agissent sur les organismes aquatiques (**Medjahed et Mechti, 2024**), car elle intervient directement dans l'évolution des propriétés chimiques et physiques du milieu, tout en influençant de manière significative les processus biologiques qui s'y déroulent (**Bouchareb et al, 2023**).

5.2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH de l'eau dépend de sa concentration en Ions H^+ et OH^- . Il représente l'un des paramètres physico-chimiques indicateurs de la pollution des eaux. Une eau équilibrée présente un pH neutre de 7 et une eau de PH inférieur à 7 est dite acide et une eau de PH supérieure à 7 est dite basique (**Kerrichi et Medakene, 2021**).

5.2.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique de l'eau mesure sa capacité à conduire un courant électrique, influencée par la température et la viscosité. Elle reflète la minéralisation de l'eau, servant d'indicateur de son origine. Les eaux souterraines, généralement plus minéralisées que les eaux de surface, présentent une conductivité plus élevée, liée à la teneur en sels dissous (**Tazir et Boubidi, 2021**).

5.2.4. TDS (Total Dissolve Solids)

La TDS désigne la masse totale des minéraux présents dans l'eau, qu'ils soient dissous anions et cations ou non dissous, comme la silice (**Bedahi et al., 2022**).

5.2.5. Turbidité

La turbidité est une caractéristique de l'eau liée à sa capacité à absorber ou diffuser la lumière, due à la présence de fines particules en suspension comme les argiles et les limons (**Ghazali et Zaid, 2013**).

5.2.6. Matière en suspension (MES)

Ce sont des particules solides très fines présente dans l'eau que la pratique divise en matière décantables, qui se sépare naturellement sans apport de réactif quand l'eau est au repos ; et des matières colloïdales trop fines pour décanter par gravité mais éliminables par coagulation. Elles sont hétérogènes de formes et variées d'origines dans les eaux de surface. Dans les eaux de forage ce sont le sable fin, le fer oxydé et quelques fois des algues filamenteuses (**Abdaoui, Ayache et Guessoum, 2022**).

5.2.7. Titre alcalimétrique de l'eau (TA)

Le titre alcalimétrique (TA) évalue la concentration des carbonates et bicarbonates présents dans l'eau. Pour former une couche protectrice contre la corrosion dans les canalisations, une alcalinité minimale est requise (**Amrane et Fékraoui, 2016**).

5.2.8. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le TAC représente l'alcalinité totale de l'eau en évaluant la concentration des substances basiques, notamment les ions hydroxyde (OH^-), carbonate (CO_3^{2-}) et bicarbonate (HCO_3^-) (**Bedahi et al., 2022**).

5.2.9. Dureté ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté de l'eau correspond à la concentration totale des ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}). Une eau est dite douce lorsqu'elle contient peu de ces ions, et dure lorsqu'elle en contient en grande quantité (**Amrane et Fékraoui, 2016**).

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

5.2.10. Les ions majeurs :

5.2.10.1. Calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium est un élément abondant dans la nature, souvent présent dans les eaux ayant traversé des roches calcaires. Associé au magnésium, il contribue à la dureté de l'eau (**Bouhali, Charef et Cheikh, 2020**).

5.2.10.2. Magnésium (Mg^{2+}) :

Le magnésium, présent en grande quantité dans la nature, peut avoir une origine naturelle ou industrielle. Il contribue de manière importante à la dureté de l'eau (**Mourdi et Rekhili, 2022**).

5.2.10.3. Sodium (Na^+) :

Le sodium, bien qu'abondant, ne se trouve jamais à l'état pur dans la nature, mais toujours combiné à d'autres éléments. Présent en permanence dans l'eau, sa concentration peut cependant varier fortement (**Boutaba, 2019**).

5.2.10.4. Potassium (K^+) :

Le potassium est le cation le plus présent dans le liquide à l'intérieur des cellules. Il joue un rôle essentiel dans de nombreuses fonctions cellulaires, et l'organisme en a besoin en grande quantité chaque jour (**Tazir et Boubidi, 2021**).

5.2.10.5. Chlorure (Cl^-) :

Les chlorures sont des anions inorganiques que l'on retrouve en concentrations variables dans les eaux naturelles, Leur présence en quantité élevée peut indiquer une source de pollution (**Mourdi et Rekhili, 2022**).

5.2.11. Nutriment et polluants :

5.2.11.1. Fer (Fe) :

Le fer est un métal relativement soluble présent de manière importante dans les eaux souterraines car c'est un élément de la croûte terrestre à raison de 4,5 à 5%. Sa présence dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrologiques (lessivage des terrains, rejets industriels, corrosion des canalisations métalliques). Une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir plus de 0,3 mg/L de fer (**Slama, Himri et Rahdoun, 2021**).

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

5.2.11.2. Nitrates (NO_3^-) :

Les nitrates sont des ions naturellement présents dans l'environnement, pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais. Ils sont l'une des causes de la dégradation de l'eau (**Ghazali et Zaid, 2013**). Une augmentation des teneurs en nitrates peut entraîner des conséquences négatives sur la santé ; en effet il va y avoir dans l'organisme la transformation des nitrates en nitrites qui sont dangereux pour la santé (**Medjahed et Mechti, 2024**).

5.2.11.3. Nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites sont aussi présents dans l'environnement, mais en quantité bien plus faible que les nitrates. Ils sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont généralement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable (**Medjahed et Mechti, 2024**). Ils proviennent de l'oxydation partielle de la matière organique. On peut en retrouver dans les eaux de surface et souterraines. Dans certains cas, les nitrites peuvent causer une méthémoglobinémie, un trouble pouvant entraîner des difficultés respiratoires, notamment chez les nourrissons nourris au biberon (**Bedahi et al., 2022**).

5.2.11.4. Le cuivre (Cu^{2+}) :

Le cuivre est un élément minéral que l'on retrouve naturellement dans les sols et les eaux. Lorsque l'eau s'écoule à travers des terrains ou des roches riches en cuivre, elle peut en dissoudre une partie et l'acheminer jusqu'aux nappes phréatiques. Certains produits agricoles, tels que les pesticides et les engrais à base de cuivre, peuvent polluer les eaux souterraines ou de surface.

5.3. Paramètres bactériologiques :

L'analyse microbiologique de l'eau est un processus par lequel un échantillon d'eau d'une certaine source est prélevée, analysée et interprétée afin de détecter différents germes en vue d'une éventuelle prise de décision avant la consommation (**Ngalamulumel et al, 2021**).

Les coliformes totaux, les coliformes fécaux (*E.Coli*) et les streptocoques fécaux sont les principaux indicateurs de contamination bactérienne de l'eau.

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

5.3.1. Coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydases négatives, facultativement anaérobies, capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C (Djebbar et Chitti, 2021). Ils sont largement répandus dans la nature et n'indiquent pas nécessairement la présence de pollution, mais cela ne signifie pas nécessairement que l'eau ne présente pas de risque de maladie. De préférence, les coliformes totaux sont utilisés comme indicateur de l'efficacité du traitement de l'eau potable. Leur présence dans l'eau traitée indique un traitement inefficace ou une contamination après traitement (Selaimia et Boukerche, 2023).

5.3.2. Coliformes fécaux :

Coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants, ce sont des coliformes qui présentent les mêmes propriétés et caractéristiques des coliformes totaux après incubation à la température de 44°C (Djebbar et Chitti, 2021). Les coliformes fécaux se trouvent en grand nombre dans les fèces et les intestins des animaux à sang chaud. (Selaimia et Boukerche, 2023). L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (Slama, Himri et Rahdoun, 2021).

- *Escherichia coli* :

Escherichia coli sont des coliformes thermos tolérants ayant la capacité de produire l'indole dans de l'eau peptonée contenant du tryptophane à température 44°C (Bouchareb et al, 2023). C'est une bactérie saprophytes du tube digestif de l'homme et des animaux. Elle se multiplie par milliard dans les matières fécales. Leur extrême abondance et leur résistance dans l'eau sont telles que ces bactéries ont été retenues comme indicateur principale de contamination fécale des eaux (Cherad & Chermat, 2021).

5.3.3. Streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux sont des bactéries à Gram positif, de forme sphérique à ovoïde, organisées en chaînettes, non sporulées se développent à une température de 37 °C et présentent un métabolisme homofermentaire, produisant de l'acide lactique sans dégagement de gaz (Boutaba, 2019). Les streptocoques sont des bactéries omniprésentes, des sporozoïtes dans l'eau, l'air, le sol (Selaimia et Boukerche, 2023).

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Ils sont des bactéries pathogènes. Presque toujours reliés à la contamination fécale, les streptocoques résistent beaucoup aux substances aseptiques qui devraient empêcher leur croissance. Certains streptocoques peuvent se transformer en germes initiateurs de plusieurs maladies telles que les angines, les otites, les méningites et d'autres toutes aussi sérieuses (Ngalamulumel et *al*, 2021).

C *Chapitre* | 2

Matériel et Méthodes

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE

1. Cadre d'étude :

Ce présent travail a été effectuée pendant une période de deux mois (du 10 Mars au 10 Mai 2025).

1.1 Présentation de la zone d'étude :

La commune de Kanoua est située dans la daïra de Zitouna, wilaya de Skikda, à une altitude de 731 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elle est délimitée au nord par la mer Méditerranée, au sud par la commune de Zitouna, à l'est par la commune de Chreaïa et à l'ouest par la commune d'Oulad Atia. Ses coordonnées géographiques sont 37°3'0" N et 6°24'0" E (Amrane & Fékraoui, 2016). (Fig.01).

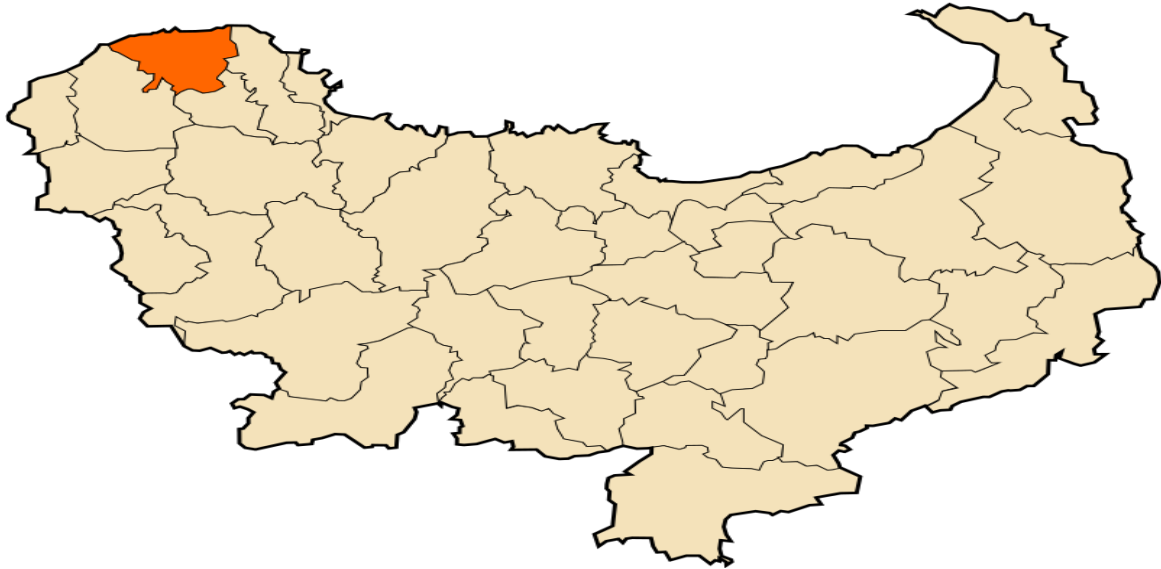


Figure 01 : Situation géographique de la commune du Kanoua dans la wilaya de Skikda (https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%82%D9%86%D9%88%D8%A7%D8%B9#/media/%D9%85%D9%84%D9%81:Dz_-_21_-_Kanoua.svg).

1.2 Analyse Physico-chimique :

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau le laboratoire de complexe RA2K au niveau de la Raffinerie de Skikda., situé à Zone Industrielle de Skikda, à l'Est de la ville,

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE

en dehors du tissu urbain, dans le périmètre de l'ancien aéroport (Fig.02).

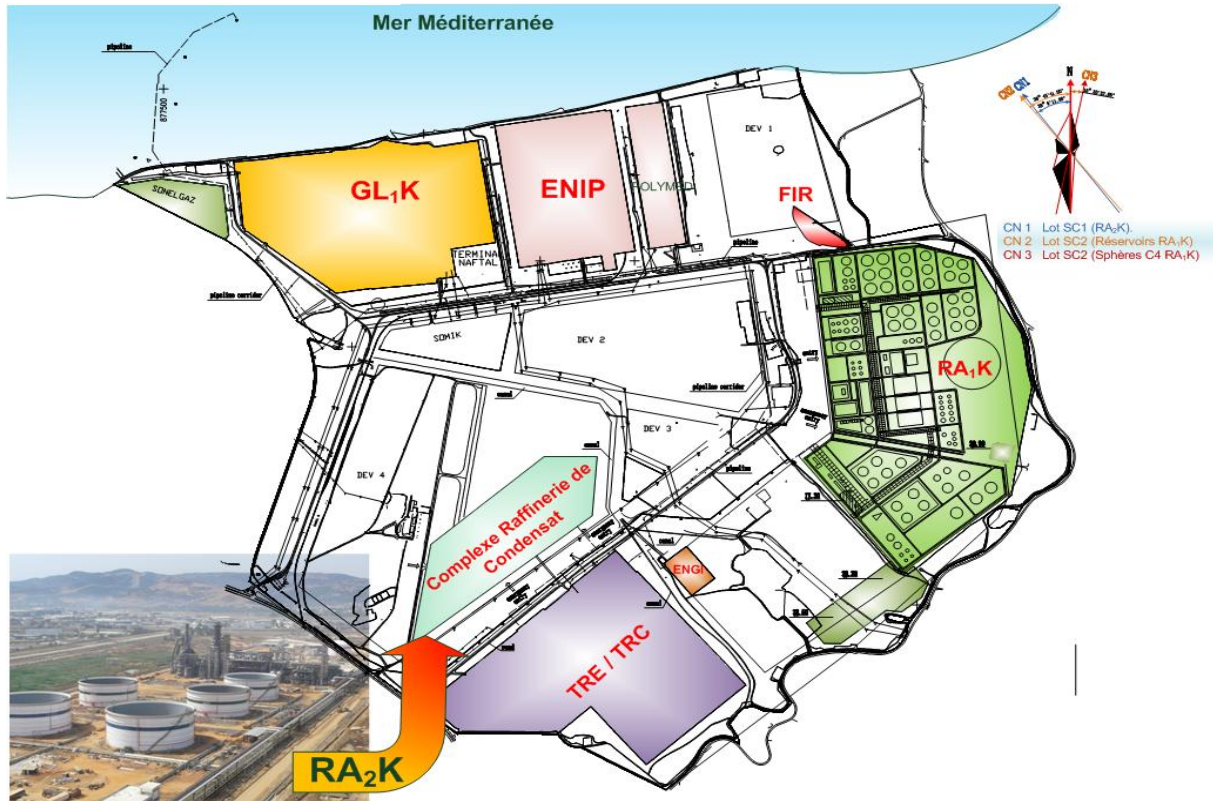


Figure 02 : Plan général de la Raffinerie.

1.3 Analyse Bactériologique :

Les analyses bactériologiques ont été réalisées au laboratoire central d'Algérie des eaux (ADE), situé à 6 km du lieu de la wilaya de Skikda. Ce laboratoire est installé dans l'ancien siège de l'entreprise CONDOTTE, qui a réalisé le projet d'adduction et de stockage de l'eau dessalée à Ziramma (Fig.03).

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE



Figure 03 : Situation géographique Laboratoire Centrale ADE Skikda

2. Échantillonnage :

2.1. Choix des stations de prélèvement

Pour étudier la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de source, nous avons choisis dix sources qui sont toutes destinées à la consommation humaine dans la région Kanoua: **Ain Ghboula (S1), Ain Gharrouy (S2), Ain Hakem (S3), Ain Helala (S4), Ain Taleb (S5), Ain Boughessane (S6), Ain El Maktoua (S7), Ain Bimendoussa (S8), Ain El Gared (S9) et Ain Azardes (S10).** (Fig.04).



Figure 04 : La situation géographique des sites de prélèvement (Originale).

2.2. Techniques de prélèvement :

Pour l'analyse microbiologique les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre stérile. Pour les analyses physicochimiques les échantillons sont prélevés dans des flacons en plastiques propre.

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE

Les échantillons doivent porter le nom de source, la date et l'heure de prélèvement.

2.3. Transport des échantillons :

Les analyses microbiologiques doivent être commencées moins de six heures après le prélèvement. Si le transport dépasse six heures et si la température extérieure est supérieure à 10°C ; le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4°C. Enfin, les prélèvements sont placés au froid dès leur arrivée au laboratoire avant le début des analyses (Makhloufi et Abdeluahid, 2011).

3. Méthode d'analyse :

3.1. Analyse bactériologique :

Les échantillons sont analysés par la méthode de filtration sur membrane.

Le principe de la filtration sur membrane repose sur la rétention des micro-organismes présents dans un échantillon d'eau grâce à une membrane filtrante de porosité définie (0,45 µm). L'échantillon est aspiré sous vide à travers cette membrane stérile, qui retient les bactéries tout en laissant passer l'eau. Ensuite, la membrane est transférée de manière aseptique sur un milieu de culture spécifique, permettant la croissance des bactéries retenues. Après incubation, les colonies bactériennes peuvent être observées et dénombrées (Attassi & Bouhacida, 2020) (Fig.05).



Figure 05 : Rampe de filtration – Papier filtre (Originale).

➤ Mode opératoire :

- Allumer le bec bunsen et stériliser l'équipement de la rampe de filtration.

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE

- A l'aide d'une pince stérile déposer une membrane filtre de porosité $0.45\mu\text{m}$ sur la membrane porteuse.
 - Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
 - Remplir l'entonnoir avec l'eau à analyser puis remettre le couvercle.
 - Allumer la rampe de filtration et faire vider jusqu'à la filtration totale d'échantillon.
 - Prélever la membrane avec une pince flambée en la saisissant par son bord.
 - Déposer la membrane sur le milieu sélectif choisi en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air :
 - Sur milieu tergitol 7 pour la recherche des coliformes totaux.
 - Sur milieu Slanetz pour la recherche des streptocoques fécaux.
 - Étiqueter les boîtes pétries et incuber les (couvercle vers bas) :
 - Pour les coliformes totaux : à 37°C pendant 48h.
 - Pour les streptocoques fécaux : à 37°C pendant 24h.
 - Après l'incubation, dénombrer les colonies (jaunes et jaunes orange et verts pour les coliformes, rouge et rouge brique pour les streptocoques) (**Ennaghra et al., 2023**).
- **Test de confirmation :**
- Coliformes :**
- En cas de colonisation des coliformes totaux, 5 colonies sont repiquées à l'aide d'une anse de platine dans des tubes contenant le bouillon tryptophane et incubées à 44°C pendant 24h pour tester la présence des coliformes fécaux.
 - Après l'incubation, la formation des précipitations ou des troubles dans le tube avec une odeur caractéristique d'indole indique la présence des coliformes fécaux.
 - Ajouter 2 à 3 gouttes de réactif Kovacs pour la détection spécifique des coliformes fécaux (*E. Coli*).
 - L'apparition d'un anneau rouge indique la présence d'*E. Coli* (**Fig.06**).

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE



Figure 06 : Test de confirmation (Originale).

Streptocoques fécaux :

- En cas de colonisation des streptocoques fécaux, les colonies sont repiquées avec le papier filtre dans un milieu BEA (Bile Esculine Azide), puis incubé à 37°C pendant 2h.
- Le changement du couleur des colonies vers le noir ou foncé confirme la présence des streptocoques fécaux.

3.2. Analyse physico-chimique

3.2.1. Mesure de la température :

Dans le cas de l'analyse physico-chimique de l'eau de source, la température est souvent mesurée sur place. Cela permet d'obtenir des résultats plus précis, car la température de l'eau peut varier rapidement après le prélèvement ou pendant le transport d'échantillons. On a mesuré la température sur place à l'aide d'un thermomètre.

3.2.2. Potentiel d'hydrogène pH :

Mode Opérateur :

- Allumer le pH-mètre en appuyant sur le bouton de mise en marche.
- Placer un échantillon d'eau à analyser dans un récipient propre et sec.
- Pour garantir la précision de la lecture, calibrer l'appareil en utilisant des solutions standard connues telles que pH 4 et pH 7.

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE

- Immerger l'électrode dans le récipient contenant l'eau et attendre quelques secondes jusqu'à ce que la valeur apparaisse à l'écran.
- Après la mesure, rincer l'électrode à l'eau distillée (Ennaghra et *al.*, 2023) (Fig.07).



Figure 07 : PH Mètre (Originale).

3.2.3. Mesure de la Conductivité électrique et TDS (Solides Dissout Totaux)

Mode Opérateur :

- Brancher le multi paramètres.
- Etalonner l'appareil avec une solution tampon (pH=7).
- Rincer les sondes avec l'eau distillée.
- Remplir le bécher par l'eau à analyser.
- Prolonger les sondes dans l'échantillon.
- Laisser stabiliser puis, noter les résultats affichés sur le multi paramètres.
- La conductivité électrique est exprimée en $\mu\text{s} / \text{cm}$ (Ennaghra et *al.*, 2023) (Fig.08).

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE



Figure 08 : Multi-paramètre (Originale).

3.2.4. La turbidité :

Principe :

Mesure du degré de turbidité d'un liquide en raison de la présence de particules solides en suspension. La turbidité est mesurée en unité NTU (Nephelometric Turbidity Units) à l'aide d'un appareil appelé turbidimètre (**Fig.09**).

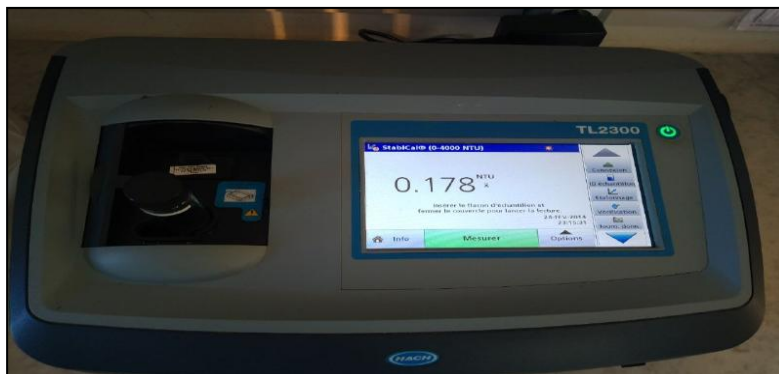


Figure 09 : Turbidimètre (Originale).

Mode Opérateur :

- Remplissez la cuvette avec l'eau dont on veut déterminer la turbidité.
- Nettoyer soigneusement la cuvette pour enlever les gouttes d'eau et les traces de doigts.
- Placer la cuvette dans le turbidimètre.
- Lire le résultat affiché sur l'écran de l'appareil en unités NTU (**Ennaghra et al., 2023**).

3.2.5. Détermination de matière en suspension (MES):

Principe :

Lorsque de la lumière traverse un échantillon d'eau contenant des matières en suspension (argiles, limons, matières organiques, etc.), ces particules diffusent (et parfois absorbent) la lumière incidente. Plus la concentration de matières en suspension est élevée, plus la lumière est diffusée, et moins il en ressort dans l'axe initial. Cette diminution de l'intensité lumineuse transmise peut être mesurée par spectrophotométrie.

Mode Opérateur :

- Prendre 10 ml d'échantillon dans une cuvette
- Mélanger l'échantillon
- Régler le spectrophotomètre en fonction des paramètres d'analyse du MES.
- Nettoyer soigneusement la surface externe de la cuvette avec une papier serviette
- Déposer la cuvette dans un spectrophotomètre
- Cliquer « mesurer » et lire le résultat affiché en mg/L (**Ennaghra et al., 2023**).

3.2.6. Dosage du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC) :

Mode Opérateur :

- Introduire à l'aide d'une éprouvette graduée 100ml d'eau à analyser dans un bécher de 200ml.
- Ajouter 03 gouttes de phénolphtaléine.
- Une couleur rose est obtenue, on titre avec l'acide sulfurique jusqu'à la disparition de la couleur rose.
- Si la couleur reste transparente : TA= 0 (pH<8,5).
- On ajoute sur la solution précédente 02 gouttes de méthylorange.
- Titrer avec l'acide sulfurique goutte à goutte jusqu'à le virage de couleur orange brique.

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE

- Noter le volume consommé (Ennaghra et al., 2023) (Fig.10).

Expression des résultats :

$$\boxed{TA = V * 10 \text{ en mg/l}} ; \boxed{TAC = (VTA + VTAC) * 10 \text{ en mg/l.}}$$

(TA ≤ 10mg/l) et (TAC ≤ 120mg/l) V : le volume de la chute burette.



Figure 10 : Dosage du TA et TAC (Originale).

4.2.7. La dureté totale TH :

Mode Opérateur :

- Prendre 100 ml d'échantillon dans une fiole de 300 ml.
- Ajouter 2 ml de solution tampon.
- Ajouter une pince de l'indicateur noir d'urochrome (net). En présence de la dureté la solution se colore en rouge cerise.
- Titrer avec l'EDTA a 0.01 m jusqu'au virage bleu de l'indicateur (Ennaghra et al., 2023) (Fig.11).

Calcule : TH en ppm de $\boxed{CaCO_3 = V_{EDTA} \times 10}$; (THT ≤ 500 mg/l).

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE

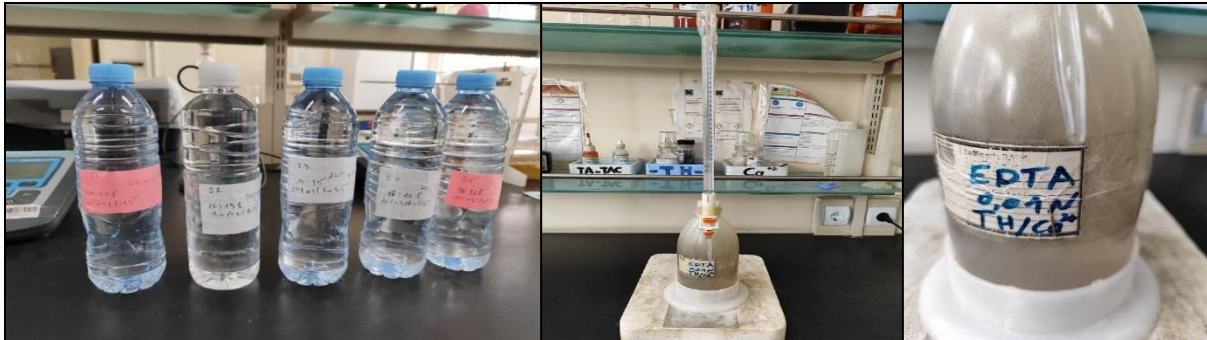


Figure 11 : Dosage du TH (Originale).

3.2.8. Dosage des ions majeurs :

3.2.8.1. Dosage du Calcium (Ca^{2+}) :

- Prélever 50 ml d'eau à analyser à l'aide d'une éprouvette graduée, puis les verser dans un bécher de 200 ml.
- Ajouter 2 ml de solution d'hydroxyde de sodium (NaOH).
- Incorporer une petite quantité de Murexide HSN.
- Titrer goutte à goutte avec l'EDTA jusqu'au changement de couleur en mauve foncé (Ennaghra et al., 2023).

Expression des résultats :

$$\boxed{\text{Ca}^{2+} = V \times 8.01 \text{ en mg/l}} ; (\text{Ca}^{2+} \leq 200 \text{ mg/l})$$

3.2.8.2. Dosage du Magnésium Mg^{2+} :

Mode Opérateur :

- Préparer une série de solutions de référence de magnésium à différentes concentrations.
- Prélever un volume déterminé d'échantillon.
- Ajouter le réactif spécifique au magnésium.

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE

- Laisser reposer pendant la durée recommandée afin de permettre le développement de la couleur.
- Régler et étalonner le spectrophotomètre à l'aide des solutions standards préparées.
- Insérer la cuve contenant l'échantillon traité dans le compartiment de mesure du spectrophotomètre.
- Lancer l'analyse (Ennaghra et *al.*, 2023).

Expression des résultats :

Consulter directement la concentration en magnésium (Mg^{2+}) affichée sur l'écran du spectrophotomètre.

3.2.8.3. Dosage du sodium (Na^+) et du Potassium (K^+) :

Mode Opérateur :

- Préparer une série de solutions étalons de sodium (Na^+) et de potassium (K^+) de concentrations connues.
- Ouvrir l'alimentation en gaz, allumer la flamme et laisser l'appareil se stabiliser.
- Effectuer l'étalonnage de l'appareil en utilisant les solutions étalons préparées.
- Introduire l'échantillon dans le système d'aspiration de l'appareil.
- Lire directement la concentration de sodium ou de potassium affichée sur l'écran de l'appareil (Ennaghra et *al.*, 2023) (Fig.12).



Figure 12 : Photomètre de flamme (Originale).

3.2.8.4. Dosage du Chlorure (Cl⁻) :

Mode Opérateur :

- Prendre 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 2 gouttes de Chromate de Potassium.
- Titrer avec la solution de nitrate d'argent à 0.02 N jusqu'au virage du jaune au rouge brique (Ennaghra et al., 2023) (Fig.13).

Expression des résultats :

$$\text{Cl}^- (\text{ppm}) = (V - \text{blank}) \times 7.1 (\text{mg/l}) ; (\text{Cl}^- \leq 500 \text{ mg/l}).$$

Blank = 0.4



Figure 13 : Dosage du Chlorure (Originale).

3.2.9. Nutriments et polluants :

3.2.9.1. Dosage du Fer Fe²⁺ :

Mode Opérateur :

- Préparation des solutions standards de fer à différentes concentrations pour l'étalonnage.
- Prélever un volume défini d'échantillon.

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE

- Ajouter le réactif spécifique au fer.
- Laisser la réaction se dérouler pendant la durée recommandée.
- Régler le spectrophotomètre en fonction des paramètres d'analyse du fer.
- Placer la cuve contenant l'échantillon préparé dans le compartiment de mesure du spectrophotomètre.
- Démarrer la mesure.
- Consulter directement la concentration en fer affichée sur l'écran de l'appareil (**Ennaghra et al., 2023**).

3.2.9.2. Dosage du Cuivre Cu^{2+} :

Mode Opérateur :

- Préparer une série de solutions standards de cuivre à différentes concentrations pour l'étalonnage.
- Prélever un volume défini de l'échantillon d'eau à analyser.
- Ajouter le réactif spécifique au cuivre et laisser réagir pendant le temps recommandé.
- Régler l'appareil en fonction de la méthode de mesure du cuivre.
- Placer la cuve contenant l'échantillon préparé dans le compartiment de mesure du spectrophotomètre.
- Lire directement la concentration en (Cu^{2+}) affichée sur l'écran de l'appareil (**Ennaghra et al., 2023**).

3.2.9.3. Détermination de Nitrites NO_2^- :

Mode Opérateur :

- Mettre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml de réactifs colorés.

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE

- Compléter avec l'eau distillée jusqu'à 50 ml.
- Attendre pendant 20 minutes.
- Utiliser une longueur d'onde de 540 nm.
- Mesurer l'absorbance de l'échantillon (Ennaghra et *al.*, 2023).

3.2.9.4. Détermination de Nitrates NO₃⁻ :

Mode Opérateur :

- Mettre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml de réactifs colorés.
- Laisse l'échantillon reposer pendant 20 min.
- Régler le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 540 nm.
- Mesurer l'absorbance de l'échantillon (Ennaghra et *al.*, 2023) (Fig.14).



Figure 14 : Spectrophotomètre pour analyses des eaux (Originale).

C *Chapitre* | 3

Résultats et Discussion

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

1. Analyse physico-chimique :

Le tableau 03 (ANNEXE 03) résume les résultats des analyses physico-chimiques.

1.1. La température :

Les valeurs de température mesurées dans les 10 sources sont comprises entre 13,3 °C et 15,7 °C. Ces valeurs sont conformes aux normes Algériennes (25°C) et indiquent une eau fraîche. La température dans ces sources est probablement influencée par la saison d'échantillonnage avec autres facteurs (**Fig.15**).

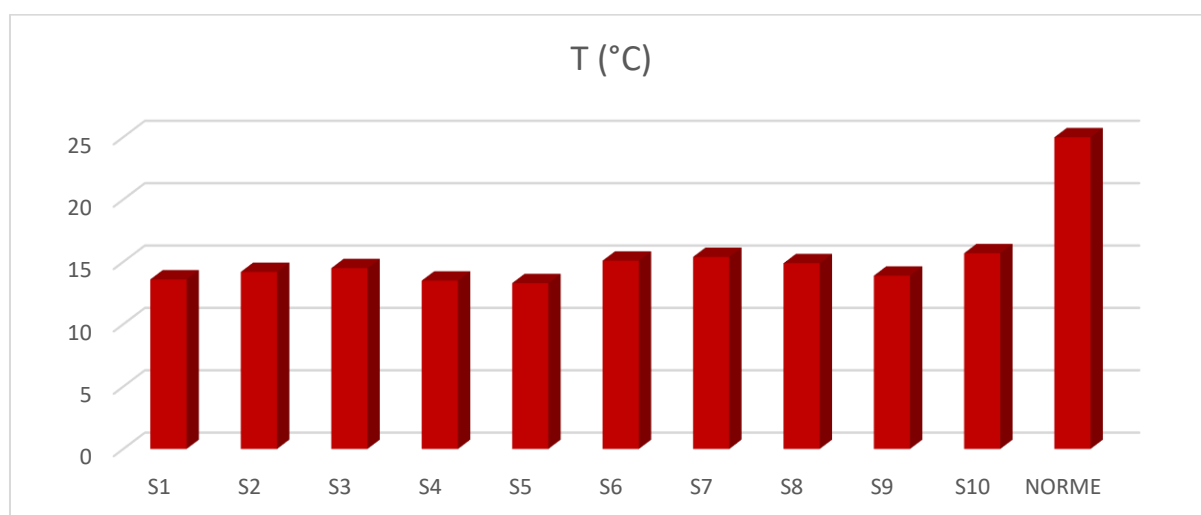


Figure 15 : Variation des températures dans les différentes sources.

1.2. Le pH :

Les valeurs de pH sont comprises entre 6.32 et 6.96, avec deux sources (**S7**: Ain El Maktoua et **S9**: Ain El Gared) présentant une acidité modérée. Ces valeurs globalement conformes aux normes algériennes, mais une acidité légère localisée pourrait affecter la solubilité des métaux lourds et la biodisponibilité de certains nutriments (**Fig.16**).

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

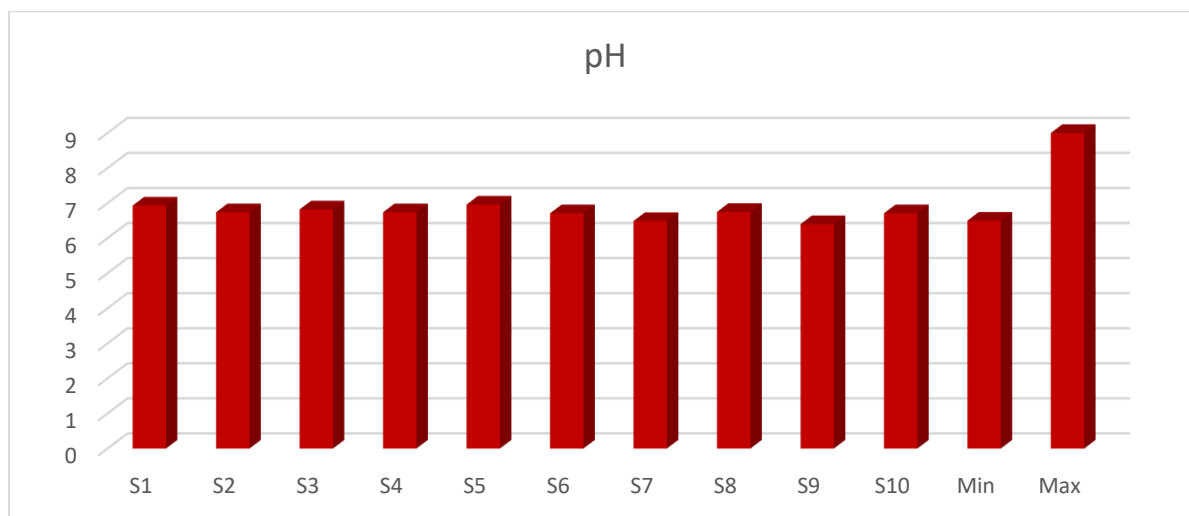


Figure16 : Variation des pH dans les différentes sources.

1.3. La conductivité électrique :

Toutes les valeurs sont très inférieures à la norme (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ces valeurs suggèrent une faible minéralisation, typique des eaux douces de sources. Cela reflète également l'absence de pollution saline ou minérale excessive (**Fig.17**).

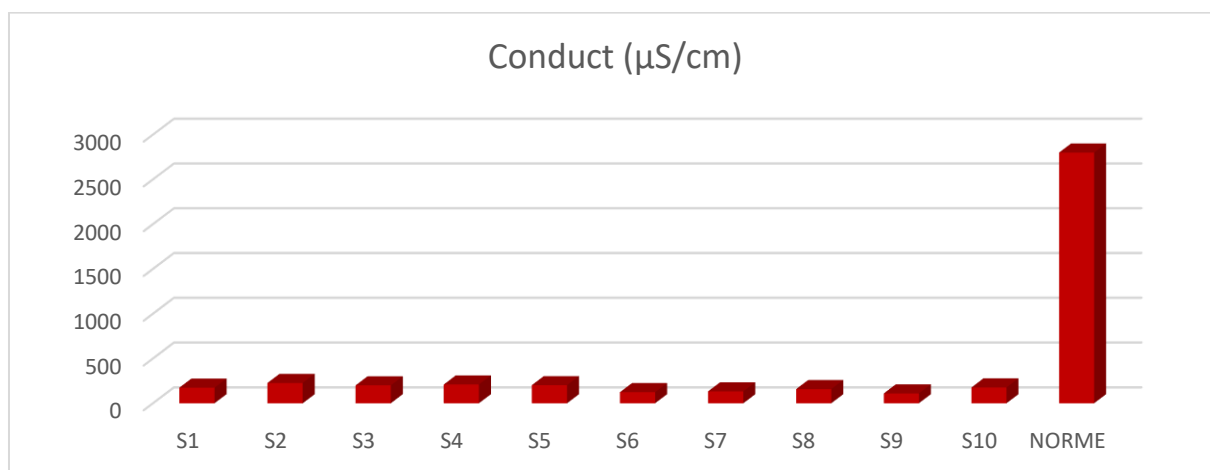


Figure 17 : Variation des conductivités dans les différentes sources.

1.4. TDS (Total Dissolve Solids) :

Les valeurs de TDS mesurées n'ont pas changé de manière significative, avec des valeurs comprises entre 55 à 107,5 mg/L. Ces valeurs reflètent une faible minéralisation conformément à la norme Algérienne (1500 mg/L) (**Fig.18**).

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

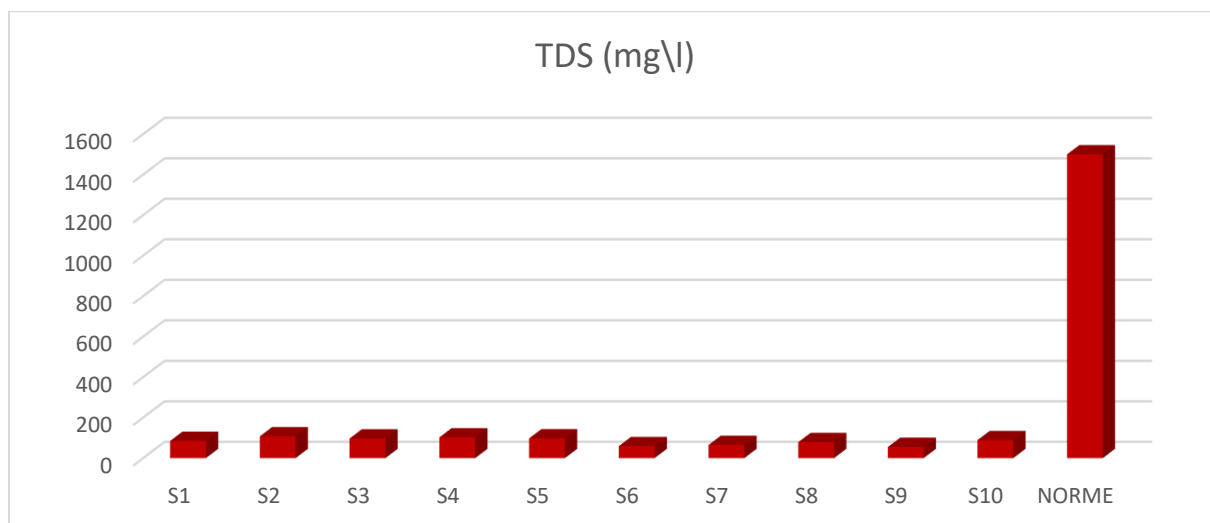


Figure 18 : Variation des TDS dans les différentes sources.

1.5. La turbidité :

Les valeurs sont toutes inférieures à 1 NTU, et conforme à la norme algérienne (5 NTU). La faible turbidité reflète une bonne qualité visuelle de l'eau et une absence significative de matières en suspension, ce qui est favorable à la potabilité (**Fig.19**).

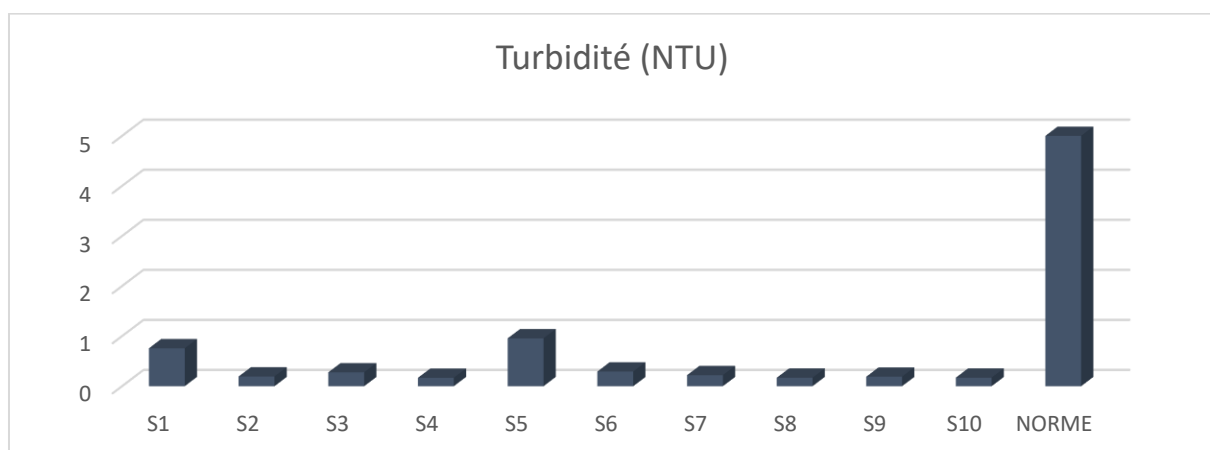


Figure 19 : Variation des turbidités dans les différentes sources.

1.6. Matière en suspension (MES) :

Toutes les sources présentent une valeur de 0 mg/L sauf les sources (S5: Ain Taleb) et (S8 : Ain Bimendoussa) présentent 1 mg/L conformément aux norme algérienne (5 mg/L). L'absence

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

de matières en suspension confirme l'excellente clarté de l'eau et l'absence de pollution particulaire (Fig.20).

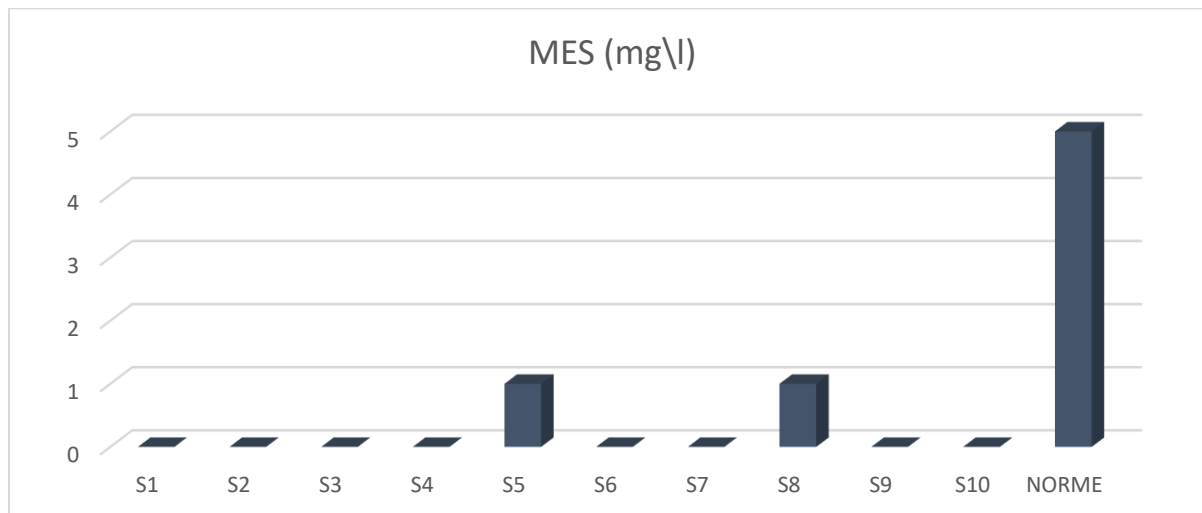


Figure 20 : Variation de MES dans les différentes sources.

1.7. Titre alcalimétrique (TA et TAC):

On remarque l'absence du titre alcalimétrique TA (0) car le pH est compris entre 4,5 et 8,3 (cas des eaux naturelles). Les valeurs du TAC varient entre 27,5 mg/L, et conforme aux normes (Fig.21).

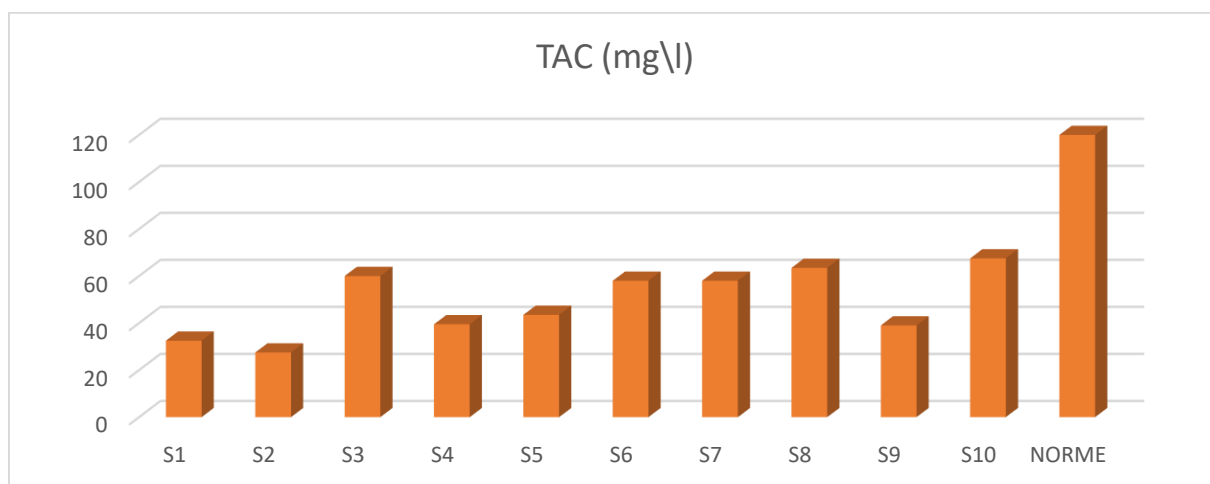


Figure 21 : Variation des TAC dans les différentes sources.

1.8. La dureté totale (TH) :

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

Selon nos résultats, les valeurs du TH sont comprises entre 20 et 65 mg/L, cela indique que tous les sources sont considérées comme dure conformément aux normes algériennes (**Fig.22**).

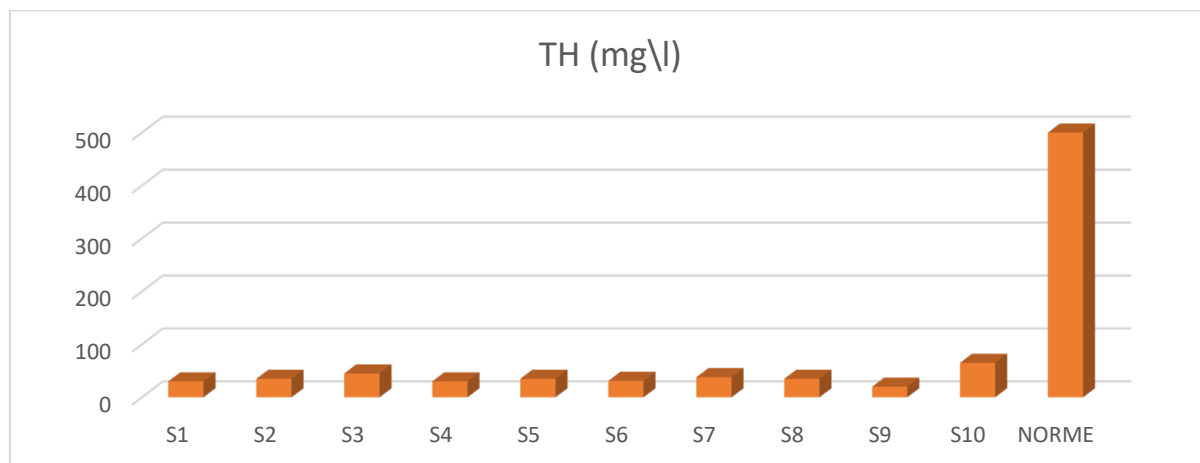


Figure 22 : Variation des TH dans les différentes sources.

2.9. Les ions majeurs (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^-) :

➤ Calcium Ca^{2+} :

Les valeurs compris entre 10,50 et 27,70 mg/L conformément aux norme algérienne (200 mg/L). Ces valeurs sont bénéfiques pour la santé osseuse sans poser de problème sanitaire (**Fig.23**).

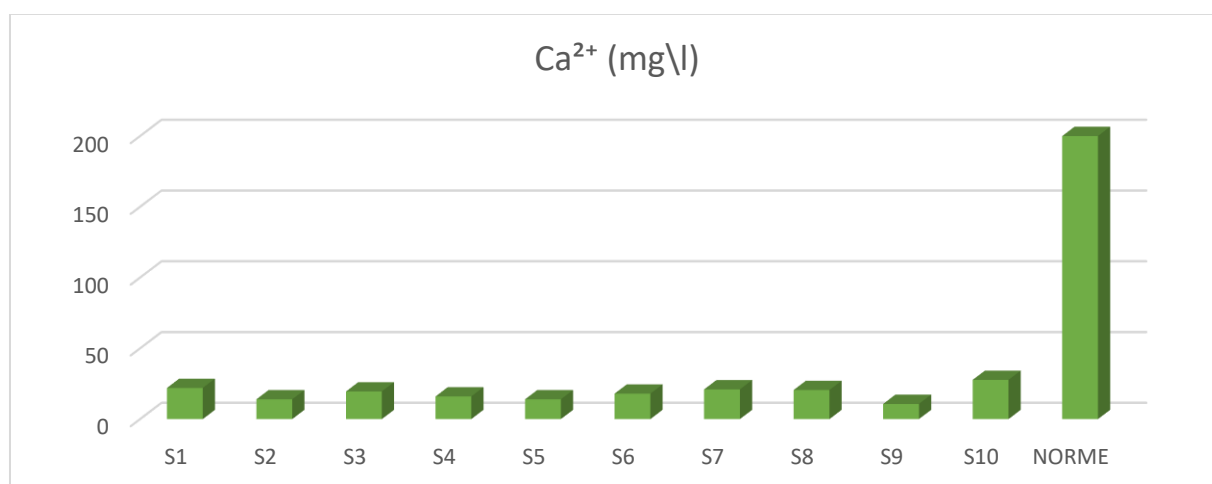


Figure 23 : Variation de calcium dans les différentes sources.

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

➤ Magnésium Mg^{2+} :

Les valeurs compris entre 9 et 28 mg/L conformément aux norme algérienne (50 mg/L). Ces valeurs observées sont compatibles avec une bonne potabilité (**Fig.24**).

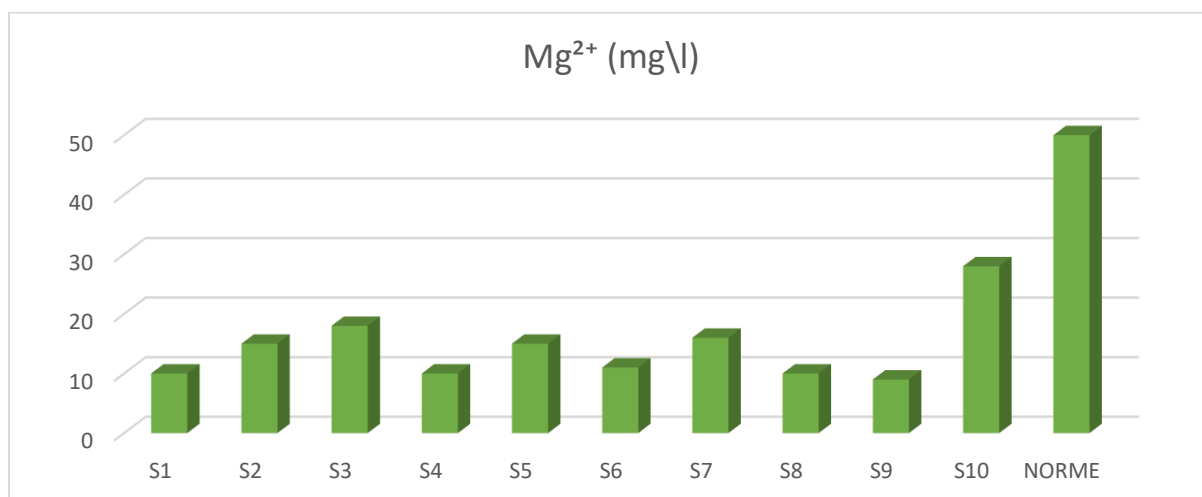


Figure 24 : Variation de Magnésium dans les différentes sources.

➤ Sodium Na^{+} :

Les valeurs compris entre 14,8 et 22,6 mg/L conformément aux norme algérienne (200 mg/L). Ces valeurs présentent une faible teneur en sodium, ce qui est favorable, notamment pour les régimes pauvres en sel ou les personnes souffrant d'hypertension (**Fig.25**).

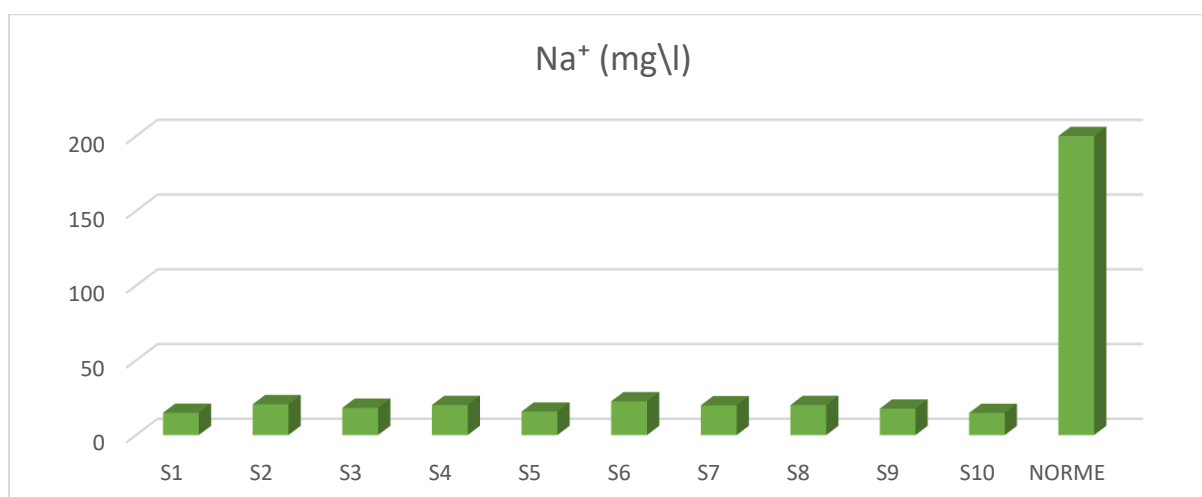


Figure 25 : Variation de Sodium dans les différentes sources.

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

➤ Potassium K^+ :

Les valeurs compris entre 0,39 et 0,95 mg/L conformément aux norme algérienne (12 mg/L). Le potassium est un élément essentiel, mais en faibles concentrations (**Fig.26**).

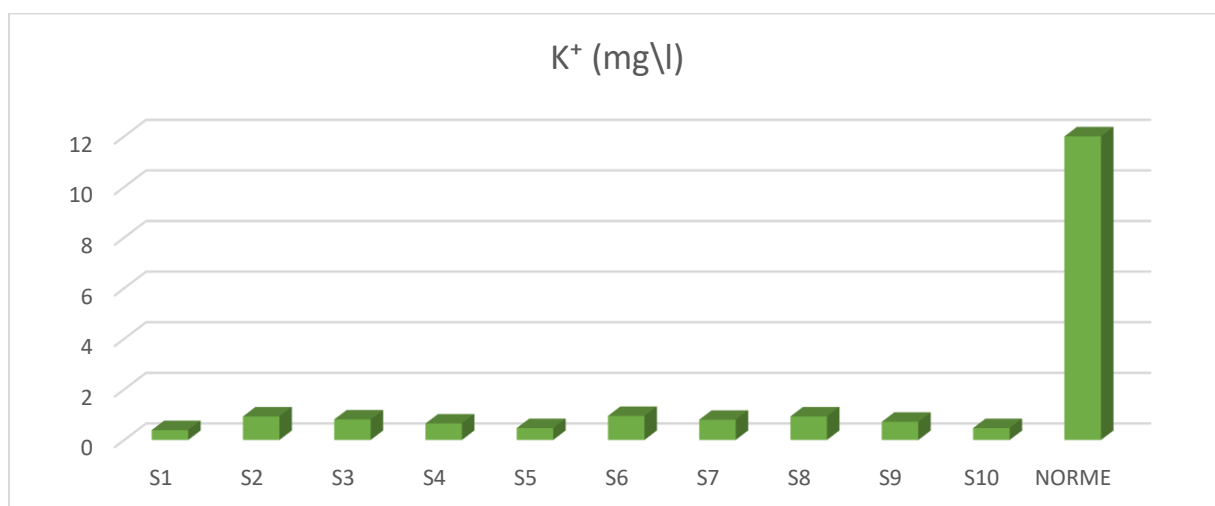


Figure 26 : Variation de Potassium dans les différentes sources.

➤ Chlorure (Cl^-) :

Les valeurs compris entre 44,4 et 78,2 mg/L conformément aux norme algérienne (300 mg/L). Donc les concentrations en chlorures sont normales et ne présentent pas de risque pour la consommation (**Fig.27**).

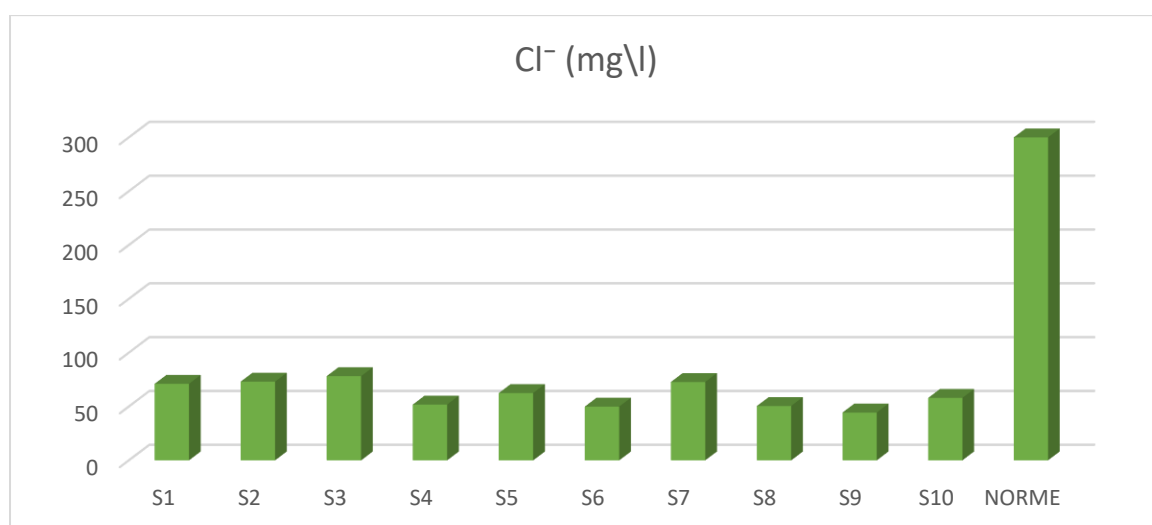


Figure 27 : Variation de Chlorure dans les différentes sources.

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

1.12. Nutriments et polluants :

➤ Le fer :

Les valeurs compris entre 0,01 et 0,08 mg/L conformément aux norme algérienne (0,3 mg/L). Une faible teneur en fer prévient les problèmes de coloration, de goût ou d'encrassement des installations (**Fig.28**).

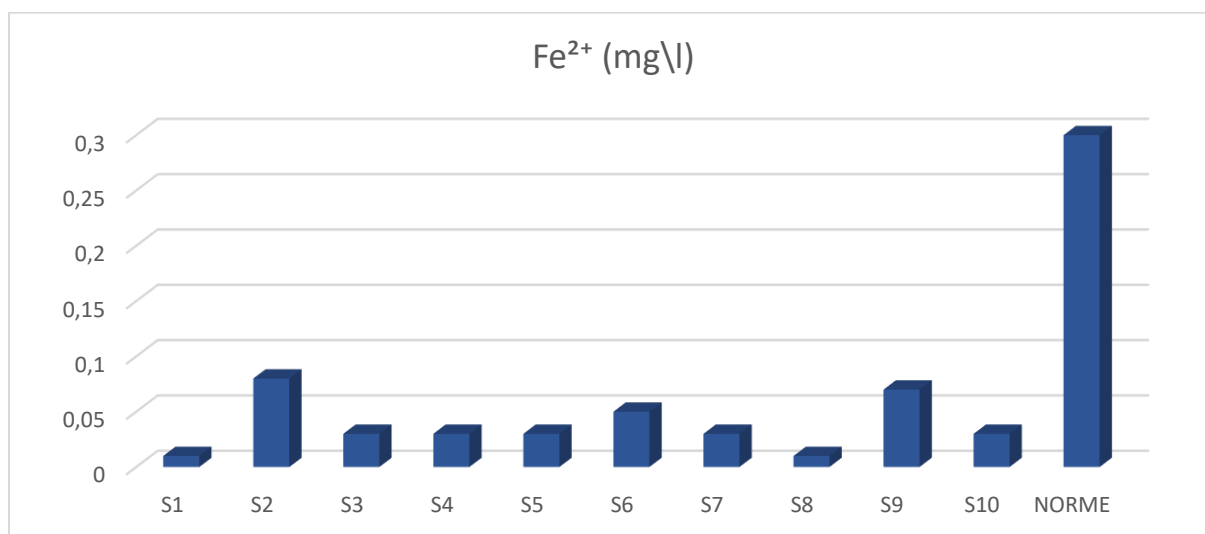


Figure 28 : Variation de fer dans les différentes sources.

➤ Le cuivre :

Toutes les valeurs sont très faibles (inferieur a 0,01 mg/L), conformément aux norme algérienne (1 mg/L). Donc il y a aucun risque de toxicité (**Fig.29**).

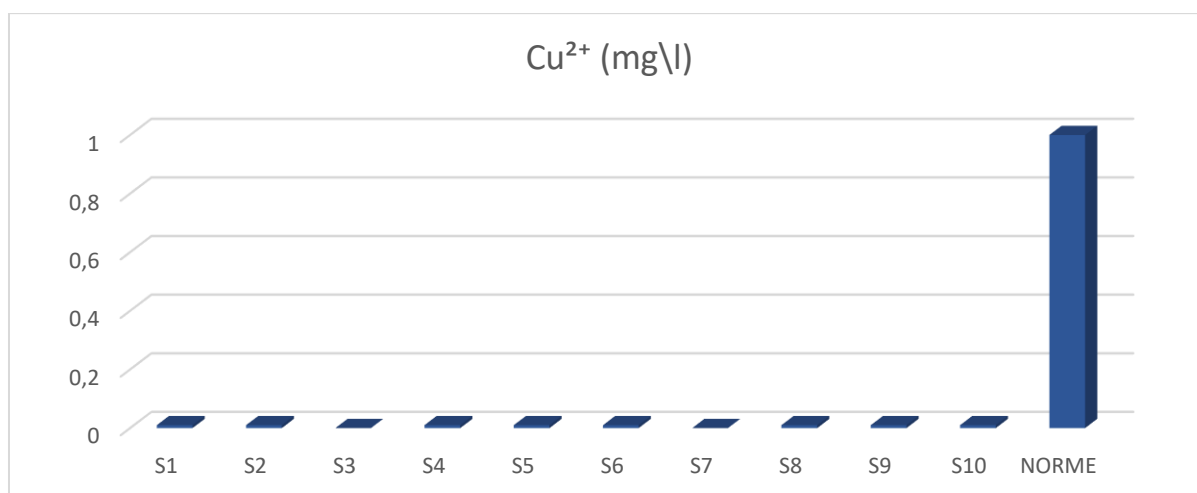


Figure 29 : Variation de cuivre dans les différentes sources.

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

➤ Nitrites :

Toutes les valeurs sont très faibles entre 0,003 et 0,013 mg/L, conformément aux norme algérienne (0,1 mg/L). Donc une faible contamination par les rejets organiques ou domestiques, cela considéré comme un bon indicateur de la qualité microbiologique (**Fig.30**).

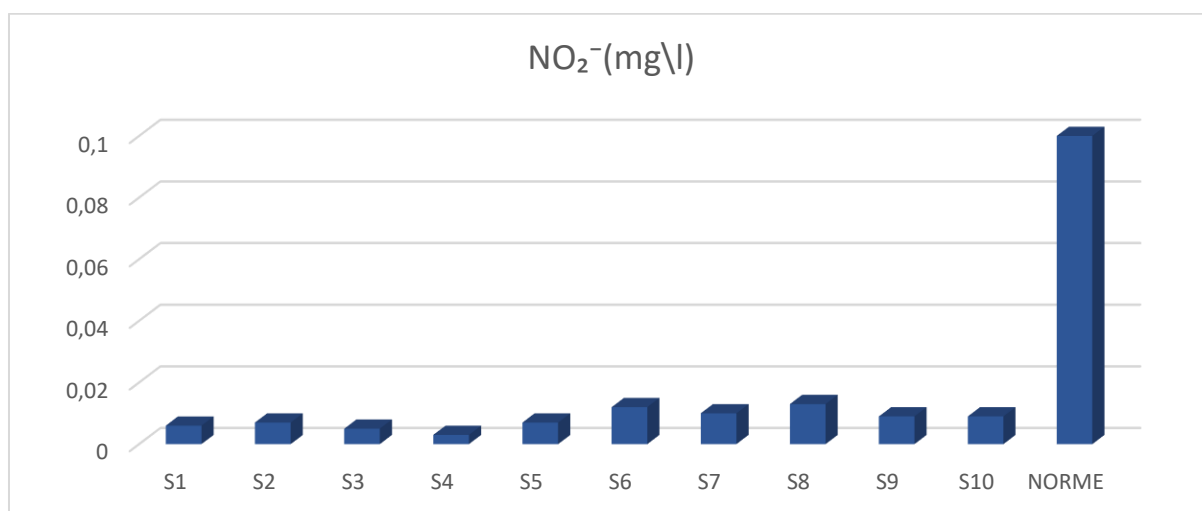


Figure 30 : Variation des Nitrites dans les différentes sources.

➤ Nitrates :

Les valeurs compris entre 0,02 et 1,08 mg/L conformément aux norme algérienne (50 mg/L). Une faible pollution par les engrais ou les rejets agricoles. Donc l'eau est considérée comme très saine à ce niveau (**Fig.31**).

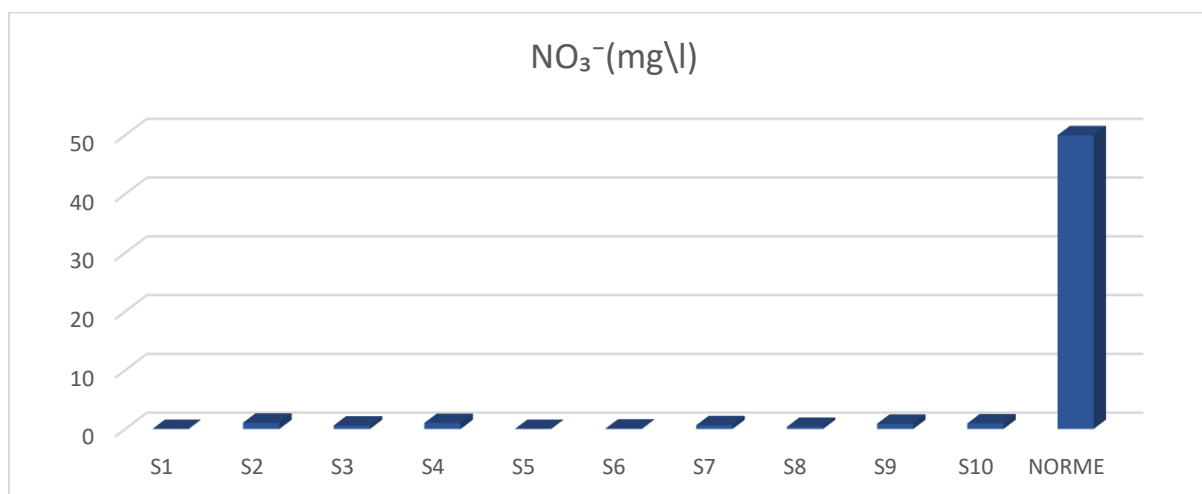


Figure 31 : Variation des Nitrates dans les différentes sources.

2. Analyse microbiologique :

2.1. Les coliformes totaux et Coliformes fécaux (*E. coli*) :

- Il y a quatre sources **S1 (Ain Ghboula)**, **S4 (Ain Helala)**, **S5 (Ain Taleb)** et **S10 (Ain Azardes)** présentent une charge importante des coliformes totaux (+100 UFC).
- Le résultat de repiquage des coliformes totaux de l'échantillon **S4 (Ain Helala)** est négatif (absence des coliformes fécaux), ce qui est rassurant, bien que la présence de coliformes totaux dans cette source puisse indiquer une contamination non fécale (végétaux, sol, etc.).
- Le repiquage des coliformes totaux des échantillons **S1 (Ain Ghboula)**, **S5 (Ain Taleb)** et **S10 (Ain Azardes)** sur bouillon tryptophane donne des résultats positifs, exprimé par des troubles dans les tubes avec une odeur caractéristique d'indole, c'est-à-dire la présence des coliformes fécaux. L'ajoute de réactif Kovacs donne des résultats positifs pour *Escherichia coli* exprimé par un anneau rouge a la surface et indique une contamination fécale. Cette contamination fécale probablement due à des rejets organiques animale pour la source **Ain Ghboula** et **Ain Taleb** (situé au forêt), alors que la contamination de la source **Ain Azardes** probablement due à des rejets animales ou humaines (situé à proximité de populations) (**Fig.32.33**).
- Les sources **S2 (Ain Gharrouy)**, **S3 (Ain Hakem)** **S6 (Ain Boughessane)**, **S7 (Ain El Maktoua)** et **S9 (Ain El Gared)** montre des valeurs faibles à modérée des coliformes totaux (entre 1 et 43 UFC), avec des résultats négatifs pour les coliformes fécaux, indiquant une contamination modérée non fécale.
- La source **S8 (Ain Bimendoussa)** est la seule source qui montre 0 UFC pour tous les germes, ce qui est conforme aux norme Algérien, c'est-à-dire une eau de bonne qualité microbiologique.



Figure 32 : Déférence entre résultat de repiquage positif (   droite) et négatifs (   gauche)
(Originale).



Figure 33 : Confirmation de la présence *E-coli* dans les sources contaminé (Originale).

2. Streptocoques fécaux :

Tous les échantillons sauf **S1 : Ain Ghboula** montre l'absence des streptocoques fécaux (0 UFC).

- La source **Ain Ghboula** est le seul échantillon avec une valeur notable après la confirmation sur milieu BEA (3 UFC).

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

- La présence simultanée des coliformes totaux élevés (+100 UFC), *E. coli* (+) et Streptocoques fécaux (3 UFC) suggère une contamination fécale récente, probablement d'origine animale.

3. Discussion

L'analyse physico-chimique :

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de pH varient entre 6,4 et 7 dans tous les sites, ce qui respecte la norme algérienne (6,5-9). De plus, l'OMS considère que les valeurs de pH comprises entre 6,5 et 8,5 sont acceptables. Ces résultats indiquent que l'eau est neutre, ce qui rejoint les observations de **Boudjema et al. (2016)** en Algérie et de **Kumar et al. (2019)** en Inde.

Pour la température, tous les sites présentent des valeurs inférieures à la limite recommandée de 25°C, en accord avec les standards internationaux qui préconisent des températures en dessous de 25°C pour limiter la croissance microbienne et garantir le confort du consommateur (**Fleischmann et al. 2018 ; Benhamou et al. 2020**).

La conductivité électrique mesurée dans tous les sites est largement inférieure à la norme algérienne de 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Comparées à d'autres études en Algérie (**Mouhouche et al., 2005**) et en Amérique du Nord (**Smith et al., 2017**), ces valeurs sont faibles, indiquant une bonne qualité de l'eau et une faible concentration en ions.

La turbidité dans tous les sites reste en dessous de la limite algérienne de 5 NTU, ce qui reflète une faible teneur en particules en suspension, conformément aux études de **Chabane et al. (2018)** en Algérie et de **Brown et al. (2019)** en Australie, ainsi qu'aux recommandations de l'OMS.

La concentration en matières dissoutes totales (TDS) est partout inférieure à la limite de 1500 mg/l, indiquant une faible minéralisation. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés dans d'autres études en Algérie (**Mellal et al., 2021**) et à l'étranger (**Harrison et al., 2020**).

L'alcalinité totale (TA) est de 0 mg/l de CaCO_3 sur tous les sites, ce qui traduit une absence de pouvoir tampon et rend l'eau plus sensible aux variations de pH, phénomène courant dans les régions à faible teneur minérale (**Tahar et al., 2019 ; Costa et al., 2021**).

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

Les valeurs de l'alcalinité temporaire (TAC) varient de 32 à 68 mg/l de CaCO₃. Ces résultats sont conformes aux normes algériennes de l'eau potable 120 mg/l (**Sánchez et al., 2018 ; Gharbi et al., 2022**).

La dureté totale (THT) varie de 20 à 65 mg/l de CaCO₃, toutes les valeurs restant sous la limite standard de 500 mg/l, ce qui indique une eau modérément dure, comparable aux niveaux observés dans d'autres études en Algérie et dans le monde (**Benouadah et al. 2017 ; Jackson et al., 2019**).

La concentration en calcium est comprise entre 14 et 28 mg/l, bien en dessous de la limite de 200 mg/l, ce qui reflète des niveaux modérés similaires à ceux observés ailleurs (**Wang et al. 2020 ; Zouari et al. 2021**).

La concentration en magnésium varie entre 10 et 28 mg/l. Ces résultats sont conformes aux normes algériennes de l'eau potable 50 mg/l (**Wang et al. 2020 ; Zouari et al. 2021**).

Les concentrations en chlorures vont de 44 à 79 mg/l, toutes inférieures à la limite de 300 mg/l, ce qui est typique des eaux potables en Algérie et ailleurs (**Boudjema et al. 2016 ; Brown et al. 2019**).

Les concentrations en fer varient de 0,01 à 0,08 mg/l, toutes sous la limite de 0,3 mg/l, ce qui indique l'absence de contamination significative (**Smith et al. 2017 ; El Hadi et al. 2018**).

Les concentrations en cuivre sont comprises entre 0,00 et 0,02 mg/l, toutes bien inférieures à la limite de 1 mg/l, en accord avec d'autres régions (**Smith et al, 2017 ; El Hadi et al. 2018**).

Les concentrations en nitrates varient de 0,02 à 1,08 mg/l, bien en dessous de la limite de 50 mg/l, reflétant une faible pollution par les engrais ou les rejets agricoles (**Hoffmann et al. 2018 ; Benhamou et al, 2020**).

Les concentrations en nitrites vont de 0,003 à 0,013 mg/l, toutes sous la limite de 0,1 mg/l, ce qui est conforme aux résultats d'autres études (**Hoffmann et al. 2018 ; Benhamou et al. 2020**).

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

L'analyse bactériologique :

Les analyses bactériologiques réalisées sur les dix sites (S1 à S10) ont permis d'évaluer la conformité de la qualité de l'eau par rapport aux normes algériennes, qui exigent une absence totale (0 UFC/100 ml) de coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et *Escherichia coli*.

Coliformes totaux :

La source S8 (Ain Bimendoussa) respecte la norme algérienne (0 UFC/100 ml), ce qui indique une absence totale de coliformes totaux et donc une bonne qualité générale de l'eau.

Les sources S2 (Ain Gharrouy), S3 (Ain Hakem), S6 (Ain Boughessane), S7 (Ain El Maktoua) et S9 (Ain El Gared) présentent des charges faibles à modérées (entre 1 et 43 UFC), ce qui suggère une contamination modérée, probablement d'origine environnementale non fécale.

En revanche, les sources S1 (Ain Ghboula), S4 (Ain Helala), S5 (Ain Taleb) et S10 (Ain Azardes) montrent une charge très élevée (>100 UFC), indiquant une forte contamination, probablement liée à des rejets animaux ou humains selon la localisation.

Coliformes fécaux :

La source S8 est également exempte de coliformes fécaux, ce qui garantit une eau de bonne qualité microbiologique.

Les sources S2, S3, S6, S7 et S9 ne présentent pas de coliformes fécaux malgré la présence modérée de coliformes totaux, ce qui suggère une pollution non fécale.

Les sources S1, S5 et S10 révèlent une présence confirmée d'*Escherichia coli*, mise en évidence par la formation d'un anneau rouge après ajout de réactif de Kovacs, signe d'une contamination fécale. La source S4, bien que montrant une charge élevée en coliformes totaux, ne présente pas de coliformes fécaux, indiquant une contamination non fécale.

Streptocoques fécaux :

Toutes les sources sont conformes (0 UFC) sauf la source S1 (Ain Ghboula), qui montre une valeur positive (3 UFC) après confirmation sur milieu BEA. Cette présence simultanée de

CHAPITRE 3 RESULTAT ET DISCUSSION

coliformes totaux élevés, de *E. coli* et de streptocoques fécaux indique une contamination fécale récente, probablement d'origine animale.

Escherichia coli :

Les résultats de repiquage ont montré la présence d'*E. coli* dans les sources S1, S5 et S10, identifiée par la réaction positive à l'indole. Les autres sources, notamment S8, ne présentent aucune trace de cette bactérie, ce qui est conforme aux exigences de potabilité.

Les normes algériennes imposent une exigence stricte (0 UFC/100 ml) pour garantir la sécurité de l'eau potable. Les résultats révèlent que la source S8 est conforme et donc sûre pour la consommation, tandis que les sources S1, S5 et S10 présentent une contamination fécale avérée, et les sources S2, S3, S6, S7 et S9 présentent une contamination modérée non fécale. Ces résultats sont en accord avec les observations de **El Ouali Lalami et al. (2014)**, qui rapportent des cas similaires de contamination par les coliformes dans diverses sources, souvent associés à des infrastructures de traitement insuffisantes ou à une pollution environnementale.

La présence de streptocoques fécaux dans la source S1 correspond aux résultats obtenus par **Aouissi et Houhamdi (2014)** dans la région de Guelma. L'absence de ces germes dans les autres sources confirme une qualité relativement acceptable, malgré des contaminations modérées.

La qualité microbiologique de la source S8 est particulièrement remarquable, reflétant une absence totale de germes indicateurs de pollution, ce qui renforce sa conformité aux normes nationales et internationales.

CONCLUSION

Conclusion :

L'eau constitue un élément fondamental et incontournable de toute forme de vie. Elle est indispensable non seulement pour le développement et le maintien de la vie humaine, animale et végétale, mais elle joue également un rôle clé dans le progrès des sociétés. Ainsi, la qualité de l'eau est une priorité sanitaire et environnementale. Notre étude s'inscrit dans cette optique et vise à évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de dix sources naturelles situées dans la commune de Kanoua, relevant de la wilaya de Skikda. Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que l'eau de ces sources est globalement de bonne qualité, avec des paramètres qui respectent les normes algériennes de potabilité. Plus précisément, toutes les sources présentent une faible conductivité électrique, une turbidité faible, une température inférieure à 25°C, ainsi que de faibles concentrations en calcium et en chlorure, ce qui témoigne d'une eau peu minéralisée et donc plus douce. Cependant, les analyses microbiologiques ont révélé des préoccupations sanitaires pour certaines sources. Des coliformes fécaux ont été détectés dans les sources S1, S5 et S10, ce qui indique une contamination d'origine fécale, probablement due à des rejets d'origine humaine ou animale à proximité de ces points d'eau. De plus, la présence de streptocoques fécaux dans la source S1 confirme cette pollution microbiologique. Ces résultats soulignent l'importance d'agir rapidement pour préserver la qualité de l'eau de ces sources. Des mesures doivent être prises, notamment : la mise en place de protections autour des sources pour éviter toute infiltration de polluants, le renforcement du suivi régulier de la qualité de l'eau, ainsi que la modernisation des infrastructures d'assainissement dans la région.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A**bdou, A., Ayache, M., & Guessoum, R. (2022). *Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de forages (Wilaya de Guelma)* [Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 - Guelma, Algérie]. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Département d'Écologie et Génie de l'Environnement.
- Amrane, N. e. h., & Fékraoui, K. (2016). *Caractérisation physico-chimique et microbiologique des sources du massif de Kanoua (Wilaya de Skikda)* [Mémoire de fin d'études, Université Mohammed Seddik Benyahia - Jijel].
- Aouissi, A., & Houhamdi, M. (2014). *Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkheir et Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma, Nord-est Algérien)*. 1er Séminaire National sur la Santé et Bio-Surveillance des Écosystèmes Aquatiques, Université Mohamed Chérif Messaadia de Souk-Ahras. <http://www.univ-soukahras.dz/en/publication/article/143>
- Attassi, H., & Bouhacida, D. (2020). *Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de source de sebain – wilaya de tiaret*. (mémoire de master, université ibn khaldoun –tiaret-, algérie). P. 32, 42.
- B**ahroun, S., & Kherici Bousnoubra, H. (2011). Évaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux naturelles : Cas de la région d'El Tarf (Nord-Est algérien). *Larhyss Journal*.
- Bedahi, a., Grana, m., Rehamnia, m., & Rehamnia, y. (2022). *etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du robinet de quelques quartiers de la ville de guelma* [mémoire de master, université 8 mai 1945 guelma], p. 8, 9, 15.
- Belghiti, M. L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D., & El Moustaine, R. (2013). Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe Plio-Quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). *Larhyss Journal*.
- Ben Abbou, M., Bougarne, L., & El Haji, M. (2020). Variation annuelle de la qualité des eaux souterraines de la ville de Taza (Maroc). *International Journal of Innovation and Applied Studies*.
- Bouchareb, R., Lamri, N., Bourouis, N. E. H., & Mecibah, S. (2023). *Analyses physicochimiques et microbiologiques de l'eau de source de la région de Zitouna ouest de Skikda* [Mémoire de Master, Université 20 Août 1955 - Skikda, Algérie]. Faculté des Sciences, Département des Sciences de la Nature et de la Vie.
- Bouhali, A., Charef, I., & Cheikh, K. (2020). *Les eaux minérales naturelles embouteillées et commercialisées en Algérie : Qualité et vertus thérapeutiques* [Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers]. P. 30, 31.
- Bourrema, R., & Bozetine, I. (2023). *Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Boudjafar sur deux périodes d'échantillonnage au niveau de la commune d'Illoula*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Oumalou dans la région de Tizi-Ouzou (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri), P. 13, 14, 15.

Boutaba, I. A. (2019). *Analyse physicochimique et microbiologique de quelques marques d'eaux embouteillées* (Baniane, Bouglez, El-kantara, Manbaa al-ghezlane et Guedila) [Master's thesis, Université Mohamed Khider de Biskra]. p. 6.

Cherad, K., & Chermat, A. (2021). *Contribution à l'étude de la qualité de l'eau embouteillée commercialisée dans la wilaya de Ghardaïa*. [Mémoire de master, Université de Ghardaïa].

Direction du Commerce de la Wilaya de Skikda. (2025, 19 février). *La Wilaya de Skikda*. <https://dcwskikda.dz/fr/index.php/wil21>

Djebbar, I., & Chitti, T. (2021). *Étude de la qualité bactériologique et parasitologique des eaux de consommation des forages de Boukhalfa (Tizi-Ouzou)* [Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie]. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques.

El Ouali Lalami, A., EL-Akhal, F., Berrada, S., Bennani, L., Raiss, N., & Maniar, S. (2014). Évaluation de la qualité hygiénique des eaux de puits et de sources par l'utilisation d'une analyse en composantes principales (ACP) : Une étude de cas de la région de Fès (MAROC). *J. Mater. Environ.*

Ennaghra, N., Boudjellab, Z. E., Ghannem, M., Hndef, A., Aouzal, B., Lalaoui, A., & Lamri, N. (2024). Physicochemical and microbiological analyses of spring water from a rural area in the Western of Skikda (Algeria). *African Journal of Biological Sciences*, 6(16), 1783–1795. <https://doi.org/10.48047/AFJBS.6.16.2024.1783-1795>

Ghazali, D., & Zaid, A. (2013). Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknès – Maroc). *Larhyss Journal*, 12, 25-36.

Hazzab A. (2011). *Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie : Hydrologie, environnement ; Géoscience*. p.23.

Kerrichi, Z., & Medakene, R. (2021). *Étude de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau potable des stations de déminéralisation de la ville de Ouargla* [Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah Ouargla]

Laurent F (2012). *Agriculture et pollution de l'eau : modélisation des processus et analyse des dynamiques territoriales* THèse de doctorat. Université du Maine.

Makhloufi, A., & Abdelouahid, Dj. (2011). Étude de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau potable dans la ville de Bechar. Sud-ouest Algérie. Dans 1er Séminaire International sur la Ressource en eau au sahara : Evaluation, Economie et Protection.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Medjahed, G., & Mechti, S. (2024). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source de Sebain – Wilaya de Tiaret. [Mémoire de Master académique, Université Ibn Khaldoun –Tiaret-].

Mourdi, m., & Rekhili, o. (2022). *Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées au niveau de la station d'Azzaba (wilaya de Skikda)* [Mémoire de Master, Université Frères Mentouri Constantine].

Ngalamulumel, L. L., Katangala, J.-P. B., Kabamusu, G. T., Kapambu, R., Kalala, B. B., Mbanza, P., Lukadi, S., Bantukujika, F. B., Bakatubala, A. B., & Lusamba, A. N. (2021). Analyse microbiologique de l'eau de boisson de différentes sources consommées par la population de la Province du Kasai Central : Cas de la Zone de Santé Rurale de Mutoto. *Revue de l'Infirmier Congolais*.

Organisation mondiale de la Santé. (2017, 2 mai). *Maladies diarrhéiques*. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>

Organisation mondiale de la Santé. (2023, 13 septembre). *Eau potable*. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Selaimia, N., & Boukerche, M. (2023). *Évaluation de la qualité microbiologique de l'eau potable (Eau de robinet) et l'eau de quatre sources naturelles dans la région de Guelma* [Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma].

Slama, I., Himri, A. E. H., & Rahdoun, K. (2021). *Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau des sources de la région de Guelma* [Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma].

Tazir, Z., & Boubidi, C. (2021). *L'évaluation des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de quelques marques d'eaux embouteillées commercialisés au niveau la ville de Constantine* (Mémoire de Master, Université des frères Mentouri Constantine).

Zaoui, Y., & Kara, Ch. (2023). Contribution à l'étude de la qualité bactériologique de l'eau de cinq sources d'eau utilisées pour l'alimentation humaine dans la Wilaya de Guelma. [Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma]. p. 9.

ANNEXES

ANNEXES

ANNEXE 01 : Matériel et réactifs utilisées

Matériel		Réactifs utilisées	
Au terrain	Au laboratoire	Pour l'analyse physicochimique	Pour l'analyse bactériologique
<ul style="list-style-type: none"> - Des bouteilles en plastique. - Des flacons en verre stérile. - Glacière. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bêchers de différent volume. - Bec bunsen. - Etuve. - Anse de platine. - Pince. - Boite Pétri de 90 mm. - Compteur des colonies. - Eprovette graduée. - Rampe de filtration. - Membrane filtre 0,45µm. - Spectrophoto-mètre. - Multi -paramètre - Burette. - Cuve 	<ul style="list-style-type: none"> - L'eau distillée. - EDTA. - Chlorhydrate hydroxyle amine. - Solution tampon acétate. - Phénanthroline1, 10. - Acide ascorbique. - Réactifs mélange. - Solution stabilisante. - Chlorures de baryum. - Réactifs colorées. - Dichlorocyanurate. - Chromate de potassium. - Nitrate d'argent. - NaOH. - Murexide HSN indicateur. - Solution tampon K10. - Mordant noir l l. - Phénolphtaléine. - Méthylorange. - H2SO4. 	<ul style="list-style-type: none"> - Milieu tergitol 7+ TTC. - Milieu slanetz. - Bouillon tryptophane. - Milieu BEA. - Réactif Kovacs.

ANNEXES

ANNEXE 02 : Résultats d'analyses Bactériologiques

	Coliformes totaux	Coliformes fécaux (<i>E. Coli</i>)	Streptocoques fécaux
S1	+100	+	3
S2	1	-	0
S3	43	-	0
S4	+100	-	0
S5	+100	+	0
S6	5	-	0
S7	2	-	0
S8	0	-	0
S9	3	-	0
S10	+100	+	0
Norme	0	0	0

ANNEXES

ANNEXE 03 : Résultats d'analyses Physico-Chimique

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	NORM
T (°C)	13,6	14,2	14,5	13,5	13,3	15,1	15,4	14,9	13,9	15,7	25
pH	6.93	6.74	6.82	6.74	6.96	6.71	6.49	6.75	6.40	6.71	6,5-9
Turbidité (NTU)	0.757	0.194	0.277	0.168	0.956	0.293	0.22	0.17	0.19	0.17	5
MES (mg/l)	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	5
Conduct (µS/cm)	174.2	227	200.35	209.75	201.75	124.2	132.5	158.1	110.25	176.9	2800
TH (mg/l)	30	35	45	30	35	31	38	35	20	65	500
TA (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
TAC (mg/l)	32.5	27.5	60	39.5	43.5	58	58	63.5	39	67.5	120
TDS (mg/l)	84.7	107.5	96.9	102.1	97.4	58.8	64.8	78.8	55	88.7	1500
Ca²⁺ (mg/l)	22.01	14.00	19.50	16.00	14.00	18.01	21.01	20.51	10.70	27.70	200
Na⁺ (mg/l)	14.9	20.6	18.2	20.1	15.7	22.6	19.9	20.1	17.7	14.8	200
K⁺ (mg/l)	0.39	0.93	0.81	0.65	0.47	0.95	0.80	0.93	0.72	0.47	12
Mg²⁺ (mg/l)	10	15	18	10	15	11	16	10	9	28	50
Fe²⁺ (mg/l)	0.01	0.08	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.01	0.07	0.03	0.3
Cu²⁺ (mg/l)	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	1
NO₂⁻ (mg/l)	0.006	0.007	0.005	0.003	0.007	0.012	0.010	0.013	0.009	0.009	0,1
NO₃⁻ (mg/l)	0.02	1.08	0.60	1.03	0.03	0.08	0.65	0.38	0.90	0.97	50
Cl⁻ (mg/l)	71.10	73.10	78.20	51.80	62.50	49.90	72.80	50.50	44.40	58.05	300