

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AMAR THELIDJI- LAGHOUAT
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : *Ecologie*

OPTION : *Ecologie végétale et environnement*

Thème

**Etude de la qualité physico-chimique et biologique des eaux des
oueds de Laghouat : cas de Oued M'zi.**

Présenté par :

MOKHTARI Bouaicha

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	qualité
YOUCEFI Mostefa	MCB	Président
Pr. CHAIBI Rachid	Professeur UAT -Laghouat	Examinateur
Dr. BOUNAB Souhila	MRB CRAPast - Djelfa	Encadreur
Dr. SOUFFI Ibtissem	MAA UAT-Laghouat	Co-Encadreur

Présenté le : 20 Octobre 2025

Remerciements

Tout d'abord, je remercie DIEU qui a éclairé mon chemin et qui m'a armée de courage pour achever mes études

Au terme de ce travail, je m'exprime mes profonds remerciements à mon promoteur Dr. BOUNAB Souhila et Dr. SOUFFI Ibtissem d'avoir proposé ce thème et de m'avoir encadrée et suivies la progression de ce travail. je le remercie infiniment pour leur aide et leur conseils judicieux.

Mes vifs remerciements aux membres de jury, pour avoir accepté d'évaluer mon travail. J'exprime mes sincères remerciements à, Mr. YOUCEFI Mostefa, Mr BOUMEDIENNE A.Madjid

Je tiens à remercier aussi :Mr. YOUCEFI Mostefa, Mr BOUMEDIENNE A.Madjid, Mr BENSOUILAH Sofyane, ABDESSELAM Amira, SOUFI Ibtissem. , Mlle. Houyou Zohra, Bentafer Fatima,

Le corps d'enseignants qui ont assuré ma formation en Ecologie ; A tous les personnels du laboratoire du département de Biologie ; Tous ceux qui ont contribué de près ou loin dans l'élaboration de mon travail, A tous les personnels du laboratoire d'ADE.

Dédicace

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du coeur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.

Je dédie ce modeste travail A mon cher père que Dieu le protège.

A la bougie qui a éclairé mon chemin depuis ma naissance, à celle dont j'ai prononcé le premier mot, source de ma vie et de mon bonheur, à ma mère que Dieu la protège.

A mes chers frères : Somia, Ferhat, Zakia, Noureddine, Naouel.

A mes chères Soeurs : Fatima, Aouali, Amina, Kadidja, Sabrine, wissam, Ines, ...

A tout la famille : Guermi et Mokhtari

A mes très chères copines spéciales Younes et Imad.

A ma promotion deuxième année Master

Enfin à tous qui ont participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail

SOMMAIRE

Titre	Page
Dédicace	
Remerciement	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES ABREVIATIONS	
Résumé	
INTRODUCTION	01
CHAPITRE I : PARTIE BIBLIOGRAPHIE	
I. Généralités sur l'eau	04
I.1. L'importance de l'eau	04
1.2. Les ressources hydriques naturelles	05
1.2.1. Les eaux de pluie	05
I.2.2. Les eaux de surface	06
I.2.3. Les eaux souterraines	06
I.2.4. Les eaux de mer	06
I.3. Propriétés de l'eau	06
I.3.1. Propriétés chimiques de l'eau	06
I.3.2. Propriétés biologiques de l'eau	07
II. Critères de la qualité des eaux potables	07
II.1. Paramètres physicochimiques	07
II.1.1. pH	07
II.1.2. Température	07
II.1.3. Turbidité	07
II.1.4. Conductivité électrique	08
II.1.5. Matière Organique	08
II.1.6. Matières en Suspension (MES)	08
II.1.7. Alcalinité	08
II.1.8. Dureté totale	08
II.1.9. Magnésium (Mg^{2+}) et Calcium (Ca^{2+})	09
II.1.10. Chlorures (Cl^{-})	09
II.1.11. Ammonium (NH_4^{+})	09

II.1.12. Nitrates (NO_3^-)	09
II.1.13. Nitrites (NO_2^-)	09
II.1.14. PHosphates (PO_4^{3-})	09
II.1.15. Sulfates (SO_4^{2-})	10
II.1.16. Fer (Fe^{2+})	10
II.2. Paramètres bactériologiques	10
II.2.1. Flore Mésophile Aérobie Totale	10
II.2.2. Coliformes Totaux	10
II.2.3. Streptocoques	10
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES	
I. Cadre physique	12
I.1. Situation géographique	12
1.2. Les trois points d'études	12
1.3. Les coordonnées géographiques des points d'études	13
1.4. Cadre Hydrologique	13
1.5. Cadre Géologique	13
1.6. Cadre Pédologique	13
1.7. Cadre climatique	14
1.7.1. Les Températures	14
1.7.2. Précipitation	15
1.7.3. Régime saisonnier	16
1.7.4. Le vent	17
1.8 Synthèse climatique	18
1.9. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	19
1.10. Climagramme pluviométrique d'Emberger	19
CHAPITRE III : METHODOLOGIE DU TRAVAIL	
II. Les Analyses D'eau	23
II.1. Les matériels utilisés pour le prélèvement	24
II.2. Les matériels utilisés au laboratoire	24
II.3. Les produits utilisés au laboratoire	24
II.4. Analyses physico- chimique de l'eau	25
II.5. Analyse au laboratoire	26
II.5.1. Mesure de la turbidité	26

II.5.2. Dosage du titre hydrotimétrique (TH)	26
II.5.2.1. Méthode par complexométrie (EDTA)	26
II.5.3. Détermination des chlorures (Cl)	27
II.5.4. Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+) L'AMMONIUM	27
II.5.5. Dosage des ions nitrites par méthode spectrométrique	28
II.5.6. Dosage des Sulfates	29
II.5.7. Détermination du fer méthode à l'orthopHénanthroline	29
II.5.8. Dosage des nitrates NO_3^- méthode au salicylate de sodium	30
III. Analyses bactériologiques de l'eau	31
III.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux	31
III.2. Dénombrement des germes aérobies mésophiles revivifiables	31
III.3. Dénombrement par filtration sur membrane	32
IV. Techniques numériques d'analyse des données	32
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION	
I. Résultats des analyses physico-chimiques	34
I.1. Température de l'eau	34
I.2. Dureté totale	34
I.3. Le pH	35
I.4. Matière en suspension	36
I.5. Salinité	37
I.6. TDS	37
I.7. Conductivité électrique	38
I.8. Turbidité	39
I.9. Calcium (Ca^{+2})	39
I.10. Magnésium (Mg^{+2})	40
I.11. Chlorure (Cl^-)	41
I.12. Hydrogénocarbonate (HCO_3^-)	41
I.13. Sulfate (SO_4^{2-})	42
I.14. Nitrate (NO_3^-)	43
I.15. Nitrite (NO_2^-)	44
I.16. L'ammonium (NH_4^+)	44
I.17. Fer (Fe^{+2})	45
II. Les résultats des analyses bactériologiques	46

DISCUSSION	47
CONCLUSION	52
REFERENCES BIBLIOGRAPHIE	54
ANNEXE	60

LISTE DES FIGURES :

N°	Titre	Page
1	Cycle de l'eau dans la nature	05
2	Carte du réseau hydrographique de la wilaya de LAGHOUAT	12
3	Histogramme représente la température dans la région de Laghouat (2010 _ 2020)	15
4	Histogramme représente la précipitation dans la région de Laghouat (2010 _ 2020)	16
5	le régime saisonnier (précipitation en mm) station de Laghouat (2010-2020)	17
6	Histogramme représenté la vitesse du vent de la région le Laghouat	18
7	le Diagramme Ombrothèrmique de Gaussen et Bangouls	19
8	Climagramme pluviothermique d'Emberger de la région de Laghouat	21
9	Prélèvement manuel en eau profonde	23
10	Mesure du pH et la conductivité électrique	25
11	Variations de Température au niveau les sites étudiés	34
12	Variations de dureté totale au niveau les sites étudiés	35
13	Variations de PH au niveau les Points étudiés	36
14	Variations de la masse de matière en suspension au niveau les Points étudiés.	36
15	Variations de salinité au niveau des points étudiés.	37
16	variations de TDS au niveau des points étudiés	38
17	Variations de conductivité électrique au niveau des points étudiés	38
18	Variations de Turbidité au niveau des points étudiés	39

19	Variations de Calcium au niveau des points étudiés	40
20	Variations de Magnésium au niveau des points étudiés	40
21	Variations de Chlorure au niveau des points étudiés	41
22	Variations de d'Hydrogénocarbonate au niveau des points étudiés	42
23	Variations de de Sulfate au niveau des points étudiés	43
24	Variations de de Nitrate au niveau des points étudiés	43
25	Variations de de Nitrite au niveau des points étudiés	44
26	Variations de de l'ammonium au niveau des points étudiés	45
27	Variations de de Fère au niveau des points étudiés	45
28	Recherche des résultats des bactéries de l'eau à 37C°	46

LISTE DES TABLEAUX :

N°	Titre	Page
1	les coordonnées géographiques des points d'études.	13
2	Températures mensuelles moyennes de la région de Laghouat (2010 _ 2020) (Source : O.N.M.)	14
3	Les précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Laghouat (2010 _ 2020) (Source : O.N.M) .	15
4	Régime saisonnier de Laghouat pour la période 2010– 2020	16
5	Moyenne de la Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) de la région de Laghouat sur une durée de 10 ans (2010_ 2020)	17
6	Les résultats des Températures d'oued de M'zi.	34
7	Les résultats de dureté totale D'OUED DE M'ZI	35
8	Les résultats de PH d'oued de M'zi	35
9	les résultats de matière en suspension d'oued M'zi	36
10	Les résultats de Salinité d'oued de M'zi	37
11	les résultats de TDS D'OUED M'ZI	37
12	Les résultats de Conductivité électrique D'OUED DE M'ZI	38
13	Les résultats de Turbidité D'OUED DE M'ZI	39
14	Les résultats de calcium D'OUED DE M'ZI	39
15	Les résultats de Magnésium D'OUED DE M'ZI	40
16	Les résultats de Chlorure D'OUED DE M'ZI	41
17	Les résultats d'Hydrogénocarbonate D' OUED DE M' ZI	41
18	Les résultats de Sulfate D' OUED DE M' ZI	42

19	les résultats de Nitrate D'OUED M'ZI	43
20	les résultats de Nitrite D'OUED M'ZI	44
21	les résultats de l'ammonium D'OUED M'ZI	44
22	les résultats de Fère D'OUED M'ZI	45
23	Résultats des analyses bactériologiques de l'eau étudiée en degré 22C°	46

LISTE DES ABRIVIATIONS :

- **NET** : Noir Erichrome T
- **EDTA** : Acide éthylènediaminetétraacétique
- **TH** : titre hydrotimétrique.
- **PCL** : teneur en ions chlorure
- **Vb** : volume de solution de nitrate d'agent utilise pour le blan
- **Vs** : volume de solution utilise pour l'échantillon
- **TGEA** : Tryptone Glucose Extrait Agar.
- **BEA** : Gélose Bile Esculine Azoture.

Résumé :

L'eau constitue une ressource vitale indispensable à la vie et au développement socio-économique. Sa préservation et l'évaluation de sa qualité sont donc d'une importance majeure. Cette étude a pour objectif d'analyser certains paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux de l'Oued M'Zi, situé dans la région semi-aride de Laghouat. Des échantillons d'eau ont été prélevés dans trois stations différentes le long de l'oued. La zone d'étude se caractérise par un relief contrasté, un réseau hydrographique irrégulier, une végétation fragile, un climat sec et de faibles précipitations. Les analyses physicochimiques ont montré les résultats suivants : température comprise entre 17°C et 22.4°C, dureté totale entre 550 et 770 mg/L, et un pH variant de 4.08 à 4.1. Les matières en suspension varient entre 786 et 1452 mg/L, la salinité entre 0.5 et 0.9 mg/L, le TDS entre 517 et 952 mg/L, et la conductivité électrique entre 1037 et 1915 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La Turbidité varie entre 0.98 et 10.2 mg/L, le nitrite à une valeur très faible comprise entre 0 et 0.01, tandis que le nitrate a une valeur comprise entre 6.12 et 8.39.

Les analyses bactériologiques ont révélé la présence de coliformes totaux et fécaux, de streptocoques fécaux, Clostridies Sulfite-Réducteur, ainsi que de différentes bactéries de Germes Totaux, indiquant une contamination bactérienne notable des eaux de l'oued.

Les résultats obtenus montrent que l'eau de l'Oued M'Zi n'est pas conforme aux normes de potabilité et qu'elle est donc impropre à la consommation humaine, mais adaptée à l'irrigation agricole.

Mots-clés : Oued M'Zi, Qualité de l'eau, Analyses physicochimiques, Analyses bactériologiques, Potabilité, Laghouat.

الملخص:

تُعدّ المياه موردًا حيويًا أساسيًا للحياة والتنمية الإقتصاديّة، لذا فإن الحفاظ عليها وتقييم جودتها يُعتبران أمرًا بالغ الأهمية. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل بعض المعلمات الفيزيولوجية والبكتريولوجية لمياه وادي المُزي الواقع في المنطقة شبه الجافة من الأغواط. تم أخذ عينات من المياه في ثلاث محطات مختلفة على طول الوادي. تتميز منطقة الدراسة بتضاريس متباينة، وشبكة هيدروغرافية غير منتظمة، وغطاء نباتي هش، ومناخ جاف مع تساقطات مطرية ضعيفة.

أظهرت التحاليل الفيزيوكيميائية النتائج التالية: درجة الحرارة تتراوح بين 17°C و 22.4°C ، الصلابة الكلية بين 550 و 770 ملغ/ل، والأس الهيدروجيني (pH) بين 4.08 و 4.1. تتراوح المواد العالقة بين 786 و 1452 ملغ/ل، والملوحة بين 0.5 و 0.9 ملغ/ل، والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS) بين 517 و 952 ملغ/ل، في حين تتراوح الناقلية الكهربائية بين 1037 و 1915 ميكروسيمنز/سم. أما العكارة (Turbidité) فتتراوح بين 0.98 و 10.2 ملغ/ل، والنترت له قيمة منخفضة جدًا تتراوح بين 0 و 0.01، بينما النترات تتراوح قيمتها بين 6.12 و 8.39.

أما التحاليل البكتريولوجية فقد كشفت عن وجود قولونيات كلية وبرازية، وعقديات برازية (Streptocoques fécaux)، وبكتيريا Clostridies Sulfito-Réducteur، بالإضافة إلى أنواع مختلفة من الجراثيم الكلية (Germes Totaux)، مما يدل على وجود تلوث بكتيري واضح في مياه الوادي.

تشير النتائج المتحصل عليها إلى أن مياه وادي المُزي غير مطابقة لمعايير الشرب، وبالتالي فهي غير صالحة للاستهلاك البشري، لكنها ملائمة للري الزراعي.

الكلمات المفتاحية: وادي المُزي – جودة المياه – التحاليل الفيزيوكيميائية – التحاليل البكتريولوجية – صلاحية الماء للشرب – الأغواط.

Abstract :

Water is a vital resource essential for socio-economic development. Therefore, its preservation and the assessment of its quality are of great importance. This study aims to analyze certain physiological and bacteriological parameters of the waters of Wadi M'Zi, located in the semi-arid region of Laghouat. Water samples were collected from three different stations along the wadi. The study area is characterized by a contrasted relief, an irregular hydrographic network, fragile vegetation, a dry climate, and low precipitation. The physicochemical analysis showed the following results: temperature ranged between 17°C and 22.4°C, total hardness between 550 and 770 mg/L, and pH values from 4.08 to 4.1. Suspended matter varied between 786 and 1452 mg/L, salinity between 0.5 and 0.9 mg/L, total dissolved solids (TDS) between 517 and 952 mg/L, while electrical conductivity ranged from 1037 to 1915 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Turbidity values ranged between 0.98 and 10.2 mg/L, nitrite values were very low (between 0 and 0.01), while nitrate ranged from 6.12 to 8.39. Bacteriological analysis revealed the presence of total and fecal coliforms, fecal streptococci, Clostridies Sulfite-Réducteur, and various total germs, indicating a significant bacterial contamination of the wadi's water.

The results obtained show that the water of Oued M'Zi does not comply with drinking water standards, making it unsuitable for human consumption, but suitable for agricultural irrigation.

Keywords: Wadi M'Zi, Water quality, Physicochemical analysis, Bacteriological analysis, Potability, Laghouat.

INTRODUCTION :

L'eau représente un élément vital et irremplaçable pour le maintien de la vie sur Terre. Elle intervient dans l'ensemble des processus physiologiques, biologiques et écologiques des êtres vivants. Pour l'être humain, disposer d'une eau de qualité et en quantité suffisante est une condition indispensable à l'équilibre de sa physiologie, à sa santé et à son développement socio-économique. En effet, l'eau est non seulement un facteur de survie, mais également un moteur du développement des territoires et un indicateur du niveau de bien-être des sociétés **(Sainou et al., 2019)**.

Cependant, la gestion des ressources en eau devient un enjeu majeur à l'échelle mondiale. La quantité et la qualité des eaux disponibles posent des défis croissants dans de nombreux pays, en particulier ceux situés en zones arides et semi-arides. Dans ces régions, l'eau est à la fois rare et vulnérable, exposée à diverses formes de pollution d'origine anthropique : domestique, industrielle et agricole. La contamination de l'eau par les déchets organiques, les produits chimiques et les effluents non traités compromet sa potabilité et constitue une menace sérieuse pour la santé publique et l'environnement **(Bouamar et al., 2007 ; Gueroui, 2015)**.

L'eau potable, par définition, doit être propre à la consommation humaine. Elle doit répondre à des exigences rigoureuses sur le plan microbiologique, chimique et physique. Ces exigences sont fixées par les réglementations nationales et internationales afin de garantir une qualité sanitaire constante et irréprochable. Une eau potable ne doit présenter ni goût, ni odeur, ni couleur indésirable, et doit être exempte de microorganismes pathogènes et de substances toxiques dépassant les valeurs limites admises **(Hütter, 1988 ; Legube, 2015)**.

La qualité de l'eau résulte d'un équilibre complexe entre les caractéristiques naturelles du milieu et les pressions exercées par les activités humaines. L'urbanisation rapide, l'intensification agricole et la croissance démographique accroissent la demande en eau et amplifient les risques de pollution. Par conséquent, la surveillance et le contrôle régulier des eaux constituent un impératif essentiel. Cette surveillance repose sur la mesure de paramètres physiques, chimiques et bactériologiques permettant de diagnostiquer l'état de santé des écosystèmes aquatiques et de déterminer la conformité des eaux aux normes de potabilité **(Rodier et al., 2009 ; Mendonca et al., 2020)**.

Au cours des dernières décennies, plusieurs efforts ont été consentis pour améliorer la qualité des ressources hydriques, notamment en matière de dépollution et de traitement des eaux usées. Ces actions ont permis de réduire certaines formes de pollution, en particulier celles liées à la charge organique et bactérienne. Cependant, d'autres types de dégradations plus discrètes et à effets différés, comme la pollution par les nitrates, les pesticides et les métaux lourds,

continuent de poser des menaces préoccupantes pour la qualité des eaux de surface et souterraines (**Legube, 2015 ; Makhoukh et al., 2011**).

Dans ce contexte, l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux naturelles demeure un outil indispensable pour la gestion durable des ressources hydriques. Elle permet non seulement de détecter les déséquilibres écologiques, mais aussi d'orienter les politiques locales de protection de l'environnement et d'approvisionnement en eau potable (**Guermah et Tadjadit, 2017**).

Le présent travail s'inscrit dans cette perspective d'analyse environnementale et sanitaire. Il vise à évaluer la qualité des eaux de l'Oued M'Zi, cours d'eau majeur de la région de Laghouat, qui joue un rôle essentiel dans l'approvisionnement local et dans le maintien des écosystèmes. Cette région, caractérisée par un climat aride, des précipitations faibles et une exploitation hydrique accrue, constitue un terrain pertinent pour l'étude de la dégradation progressive de la ressource en eau.

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

Évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued M'Zi.

- Identifier les sources potentielles de pollution et leurs effets sur la composition de l'eau.
- Constituer une base de données de référence sur la qualité des eaux de surface de la wilaya de Laghouat, en vue d'un suivi environnemental durable.

Cette recherche tente également de répondre à la problématique suivante :

L'eau de l'Oued M'Zi présente-t-elle une qualité physico-chimique et bactériologique compatible avec les normes de potabilité et les usages domestiques et agricoles de la région ?

Pour répondre à cette question, le mémoire est structuré en quatre chapitres :

- Le premier chapitre, consacré aux généralités, présente les concepts fondamentaux liés à la qualité de l'eau, aux paramètres physico-chimiques et bactériologiques.
- Le deuxième chapitre décrit la zone d'étude et ses caractéristiques géographiques, climatiques et hydrologiques et expose le matériel et les méthodes utilisées pour la collecte et l'analyse des échantillons d'eau.
- Enfin, le quatrième chapitre présente les résultats obtenus, leur interprétation et les discussions correspondantes, suivies de la conclusion et des recommandations

CHAPITRE I :
PARTIE BIBLIOGRAPHIE

I. Généralités sur l'eau :

Si la terre est appelée la planète bleue, ce n'est pas un hasard, elle est recouverte à 71% d'eau, ce qui est connu comme un composé chimique simple, liquide a une température ambiante, elle est devenue gazeuse à 100°C (212°F) et solide en dessous de 0°C (32°F). Comme tous les composés ont des formules chimiques, l'eau a aussi sa propre formule est H₂O c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. Elle est sans odeur sans couleur et sans gout donc elle est considérée comme une substance ordinaire (**Tridi, 2020**).

L'eau douce malgré son importance il est disponible à une forme rare il représente que 1% du total des mers et des océans. La masse restante (99%) soit salée (97% de l'eau est contenue dans les océans), soit à l'état solide (2% dans les calottes glaciaires et les glaciers). La majeure partie de l'eau restante (1%) est souterraine, une petite proportion étant présente dans les lacs, l'humidité du sol, les cours d'eau (**Belhadj, 2017**).

I.1. L'importance de l'eau :

L'eau est un élément indispensable à la vie et au fonctionnement globale de la planète, car elle couvre 70 à 80 % de la surface totale de la planète : près de 98% d'eau salée impropre à la consommation, moins de 1% de l'eau est potable et utilisable, majoritairement enfermée dans les neiges et polaires (**Lassoude et al., 2008**).

L'eau est un élément essentiel de la vie humaine. Elle entre dans la composition du corps humain et dans les composants de la plupart des aliments. Utilisé dans l'alimentation humaine et animale, l'industrie, l'agriculture et d'autres secteurs, il joue également un rôle important dans la transmission des maladies d'origine hydrique par les agents pathogènes qu'il transporte lors de sa consommation (**Guerd et al., 2007**).

1.2. Cycle de l'eau

L'eau est un élément de base dans notre vie, représentant une réserve totale de 1350 milliards de km³ dans la biosphère. Ce volume est stable depuis trois milliards d'années : l'eau suit à jamais un cycle de renouvellement, qui peut se synthétiser ainsi, à l'échelle terrestre.

-La principale source d'eau douce provient de l'évaporation de l'océan (sous l'action du soleil), plus l'évaporation des rivières et des lacs, et l'évaporation des plantes ;

-Cette vapeur d'eau se condense dans l'atmosphère et tombe sous forme de précipitations (pluie ou neige) dont une partie atteint les cours d'eau :

- Directement par le ruissellement ;
- Soit indirectement par infiltration, stockée dans les aquifères puis restituée aux cours d'eau suite aux crues (Figure 1) (**Genin et al., 2003**).

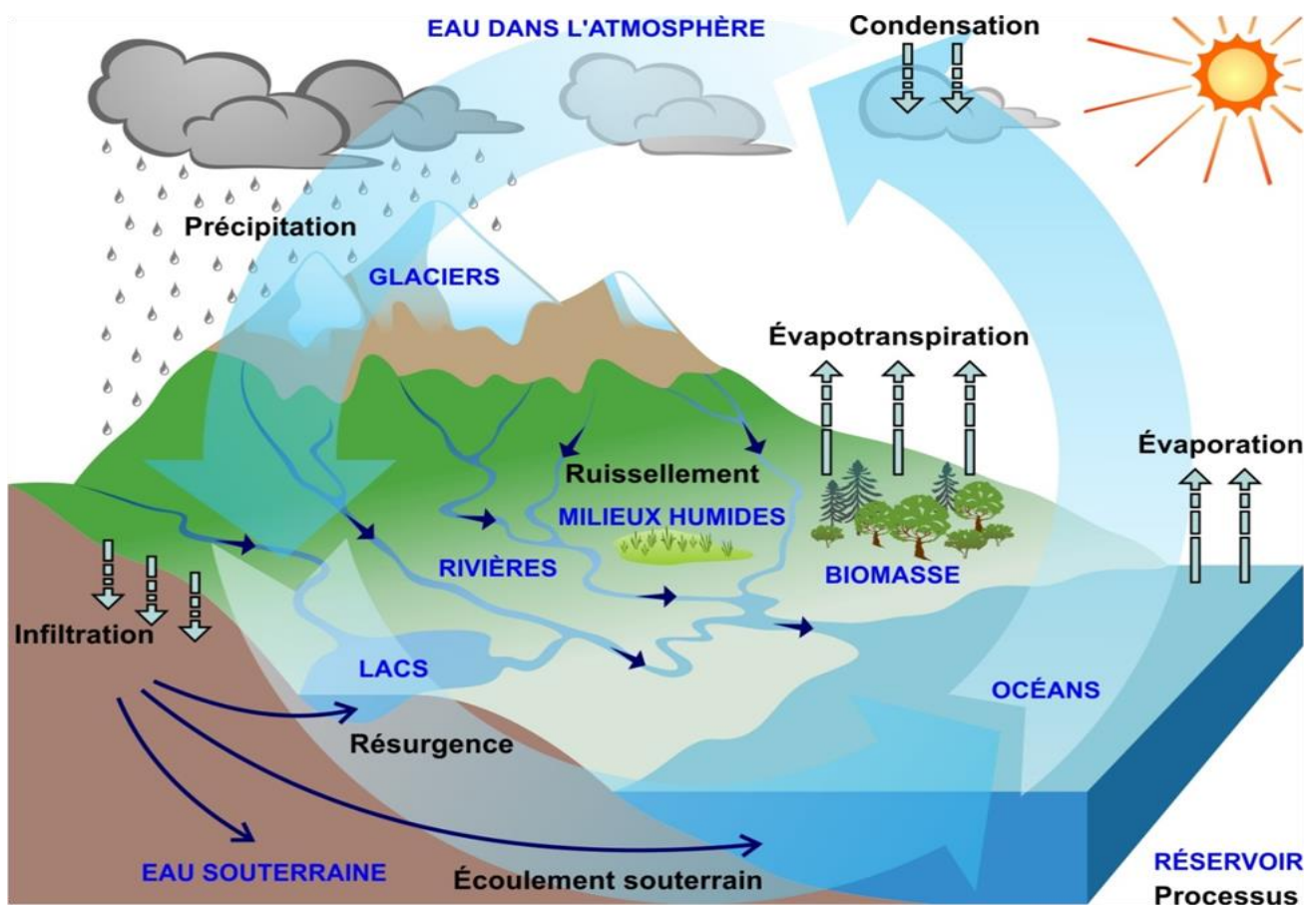


Figure 1 : Cycle de l'eau dans la nature

Quel que soit le milieu aquatique considéré, il est important de noter que l'eau n'est là que lorsqu'elle provient de compartiments « en amont » et éloignée d'autres écosystèmes « en aval ».

I.2. Les ressources hydriques naturelles :

I.2.1. Les eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour la consommation humaine. Elles sont très douces par la présence d'oxygène et d'azote et l'absence des sels dissous, comme les sels de magnésium et de calcium. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être souillées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau (Desjardins, 1997 ; OFEFP, 2003 ; Kahoul, 2017).

I.2.2. Les eaux de surface :

Ce type d'eau comprend toutes les eaux qui circulent ou sont stockées sur les surfaces continentales soit dans des réserves naturelles (lacs, étangs), soit artificielles (barrages... etc.) (**Degrémont, 2005**). Leur composition chimique dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux. Les déchets rejetés et l'importante surface de contact avec le milieu extérieur joue un rôle important dans le développement de la vie microbienne dans ces eaux (**Salghi, 2005**). Elle peut transporter des microorganismes et des polluants chimiques (**Festy et al., 2003**). À cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement. Il faut qu'elles soient correctement filtrées, désinfectées et surveillées (**Khettaf, 2018**).

I.2.3. Les eaux souterraines :

Ce sont les eaux qui ne sont ni ré-évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrant dans le sol et dans le sous-sol et s'y accumulées (**Boeglin, 2006**). Les eaux souterraines représentent 60% des eaux continentales, leur écoulement est estimé à 12000 milliards de m³/an, soit 30% du débit des fleuves. Leur renouvellement total est de 5000 ans en moyenne et de 300 ans pour les nappes superficiellement les plus vives (**Roux, 1990 ; Myrand, 2008**).

Elles représentent une part importante du cycle de l'eau et participent de ce fait aux équilibres naturels. Elles constituent également une formidable ressource renouvelable, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable, l'usage industriel ou agricole (**Ben saoula et al., 2007**).

I.2.4. Les eaux de mer :

Sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Ces eaux sont caractérisées par une grande salinité (varie de 33000 à 37000 mg.L-1), elles sont dénommées aussi eaux saumâtres. Ce qui rend l'utilisation de ces eaux difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (**Boeglin, 2009**).

I.3. Propriétés de l'eau :

Sur la terre, l'eau existe dans les trois états pHases : liquide (eau proprement dite), solide (glace) gazeux (vapeur d'eau). Ces trois pHases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace vapeur selon les conditions de température et de pression (**Algéo, 1997**).

I.3.1. Propriétés chimiques de l'eau :

L'énergie de formation de la molécule d'eau, 242 kJ/mol, est élevée. Il s'ensuit que l'eau possède une grande stabilité. Cette stabilité, associée aux propriétés électriques et à la

constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solide.

La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques. La solvatation (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau, et forger ainsi des nouvelles structures : il se produit une véritable réaction chimique (une solvatation complète est une dissolution) **(Boeglin, 2001)**.

I.3.2. Propriétés biologiques de l'eau :

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants **(Dajoz, 1982)**. Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges ; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants.

II. Critères de la qualité des eaux potables :

II.1. Paramètres physicochimiques :

II.1.1. pH :

Le pH est un indicateur essentiel permettant d'évaluer le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une eau. Il conditionne l'équilibre physico-chimique du milieu aquatique et influence la solubilité des sels minéraux ainsi que la biodisponibilité des éléments nutritifs. Les eaux minéralisées présentent généralement un pH légèrement alcalin, tandis que celles contenant des matières organiques naturelles en quantité importante peuvent subir d'importantes variations de pH dues aux processus de décomposition biologique. **(Gueroui, 2015 ; Legube, 2015)**

II.1.2. Température :

La température de l'eau constitue un paramètre déterminant influençant de nombreuses réactions physiques, chimiques et biologiques. Elle affecte la solubilité des gaz, la vitesse des réactions chimiques, le développement bactérien et le processus d'évaporation. En règle générale, la température des eaux potables demeure inférieure à celle de l'air en été et légèrement supérieure en hiver, traduisant ainsi un équilibre thermique avec le milieu environnant. **(Gueroui, 2015 ; Legube, 2015)**

II.1.3. Turbidité :

La turbidité exprime la teneur d'une eau en matières en suspension, telles que les argiles, limons, silices, ou encore matières organiques. Elle constitue un indicateur de la clarté et de la qualité du traitement appliqué à l'eau. Une turbidité faible traduit un bon niveau d'épuration,

tandis qu'une turbidité élevée peut indiquer une charge importante en particules ou une contamination. Ce paramètre est donc essentiel pour le contrôle de la qualité des eaux brutes et traitées. **(Rodier et al., 2009)**

II.1.4. Conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau traduit sa capacité à conduire le courant électrique, directement liée à la concentration en ions dissous (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , etc.). Elle permet d'évaluer le degré de minéralisation d'une eau. Bien que la conductivité n'ait pas d'incidence directe sur la santé humaine, elle renseigne sur l'origine géologique et la composition ionique du milieu. Elle s'exprime en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). **(Rodier et al., 2009)**

II.1.5. Matière Organique (MO) :

Les matières organiques dissoutes dans l'eau proviennent principalement de la décomposition des organismes végétaux et animaux, ainsi que des activités métaboliques des êtres vivants. Leur présence peut influencer la couleur, l'odeur et le goût de l'eau, tout en favorisant la croissance microbienne. Ces composés organiques jouent un rôle important dans les cycles biogéochimiques naturels. **(Lefebvre, 1993)**

II.1.6. Matières en Suspension (MES) :

Les matières en suspension correspondent à la fraction solide non dissoute dans l'eau, composée de particules organiques et minérales retenues par filtration. Leur concentration renseigne sur la charge polluante de l'eau et son état de turbidité. Une teneur élevée en MES peut réduire la pénétration lumineuse et affecter la photosynthèse aquatique. **(Bourrier et Selmi, 2010)**

II.1.7. Alcalinité :

L'alcalinité d'une eau exprime sa capacité à neutraliser les acides, en relation directe avec la présence d'ions hydrogénocarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-). Elle joue un rôle tampon contre les variations de pH et reflète la nature géologique du bassin versant. Certaines substances comme les phosphates, citrates et acides humiques peuvent interférer dans la mesure de ce paramètre. **(Rodier et al., 2009)**

II.1.8. Dureté totale :

La dureté, ou titre hydrotimétrique, représente la somme des concentrations en cations alcalino-terreux, principalement le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}). Elle traduit la capacité d'une eau à précipiter les savons et à former des dépôts calcaires. Ce paramètre dépend essentiellement de la nature géologique des terrains traversés par l'eau. **(Rodier et al., 2009)**

II.1.9. Magnésium (Mg^{2+}) et Calcium (Ca^{2+}) :

Le magnésium et le calcium sont deux éléments majeurs de la composition ionique des eaux naturelles. Le magnésium provient souvent de la dissolution des formations dolomitiques ou magnésiennes, tandis que le calcium est lié aux roches calcaires. Ensemble, ils déterminent la dureté totale de l'eau et influencent sa qualité chimique et domestique. (Gueroui, 2015 ; Zeghaba et al., 2018)

II.1.10. Chlorures (Cl^-) :

Les chlorures sont des anions inorganiques fréquents dans les eaux naturelles, issus de la dissolution des sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Leur concentration peut indiquer une contamination d'origine domestique ou industrielle. Des teneurs élevées peuvent altérer le goût de l'eau et affecter la flore et la faune aquatiques. (Makhoukh et al., 2011 ; Zeghaba et al., 2018)

II.1.11. Ammonium (NH_4^+) :

L'ammonium est le produit final de la dégradation des matières organiques azotées. Il résulte de l'activité bactérienne dans les sols et les eaux, mais aussi des rejets d'origine domestique, agricole ou industrielle. Sa présence en concentration élevée traduit une pollution récente ou en cours de biodégradation. (Guermah et Tadjadit, 2017)

II.1.12. Nitrates (NO_3^-) :

Les nitrates représentent la forme oxydée de l'azote dans le cycle biogéochimique. Naturellement présents à faibles concentrations, leur augmentation est souvent due à l'usage intensif des engrais azotés et à la pollution domestique. Leur excès peut causer des problèmes de santé (méthémoglobinémie) et favoriser l'eutrophisation des milieux aquatiques. (Legube, 2015)

II.1.13. Nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites constituent une forme intermédiaire instable entre l'ammonium et les nitrates. Ils apparaissent lors des processus de nitrification ou de dénitrification incomplète. Leur présence traduit une pollution organique récente et représente un indicateur de déséquilibre microbiologique dans l'eau. (Gueroui, 2015)

II.1.14. PHosphates (PO_4^{3-}) :

Le phosphate est un élément essentiel à la vie, mais sa présence excessive dans l'eau résulte souvent de rejets urbains ou de l'utilisation d'engrais phosphatés. Sous l'effet de la lumière, les phosphates stimulent la prolifération algale et contribuent au phénomène d'eutrophisation, altérant ainsi la qualité écologique du milieu aquatique. (Gueroui, 2015)

II.1.15. Sulfates (SO₄²⁻) :

Les sulfates proviennent de la dissolution naturelle des formations gypseuses et peuvent influencer le goût de l'eau. À forte concentration, ils peuvent entraîner des effets laxatifs et accentuer les phénomènes de corrosion dans les canalisations. Leur contrôle vise à préserver la qualité sensorielle et chimique de l'eau potable. **(Legube, 2015)**

II.1.16. Fer (Fe²⁺) :

Le fer est un élément courant dans les roches et les sols, présent sous forme d'oxydes, d'hydroxydes ou de carbonates. Dans les eaux, il peut engendrer des dépôts et favoriser la prolifération de bactéries ferreuses responsables de la corrosion des canalisations. La présence de fer au-delà des normes recommandées nuit à la qualité esthétique et technique de l'eau. **(Rodier et al., 2009)**

II.2. Paramètres bactériologiques :

II.2.1. Flore Mésophile Aérobie Totale :

Ce paramètre regroupe l'ensemble des bactéries aérobies hétérotrophes capables de croître à des températures mésophiles (22°C et 37°C). Leur dénombrement permet d'évaluer la charge microbienne globale et la qualité sanitaire de l'eau. Une augmentation de leur concentration peut traduire une contamination du réseau ou une prolifération bactérienne interne. **(Legube, 2015 ; Mendonca et al., 2020 ; Rejsek, 2002)**

II.2.2. Coliformes Totaux :

Les coliformes sont des bactéries Gram négatif, non sporulées et facultativement anaérobies, capables de fermenter le lactose à 35°C. Elles incluent notamment les genres *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* et *Klebsiella*. Leur présence dans l'eau traduit souvent une contamination fécale d'origine humaine ou animale. Les coliformes thermo-tolérants (ou fécaux) sont détectés à 44°C, avec *Escherichia coli* comme principal indicateur. **(Eden, 2014 ; Rodier et al., 2009)**

II.2.3. Streptocoques :

Les streptocoques sont des cocci Gram positif, anaérobies aérotolestants, souvent présents dans le tube digestif, la bouche et les voies respiratoires. Certaines espèces sont commensales, tandis que d'autres, comme *Streptococcus pyogenes*, sont pathogènes. Leur présence dans l'eau indique une contamination fécale et représente un risque sanitaire direct. **(Carip et al., 2015 ; Baron, 1996)**

CHAPITRE 2 :
PRESENTATION DE LA
ZONE D'ETUDE

I. Cadre pHyisque :

I.1. Situation géographHique :

OUED M'ZI se positionne entre les coordonnées géographHique 33° 49' N et 2° 52' E (ANRH, 2013) et couvre une superficie de 1618 Km². Son réseau hydrographHique est bien organisé en amont ; il est composé principalement par les oueds M'said et M'zi, qui prennent leur source du coeur de Djebel Amour de l'Atlas saharien central à une altitude de 1536 m et qui confluent juste à l'exutoire du secteur d'El Fetha. Il alimente Oued Djeddi qui se divise au chott Melghig.

De la Commune d'Oued M'zi, Nord de la wilaya de Laghouat ; OUED M'ZI est délimitée au Nord par la commune d'Aflou ; à l'Est par les communes d'Oued Morra et Tadjemout ; à l'Ouest par les communes Ain Madhi et El-Ghicha ; et au Sud par la commune de Tadjemout (Figure N° 2).

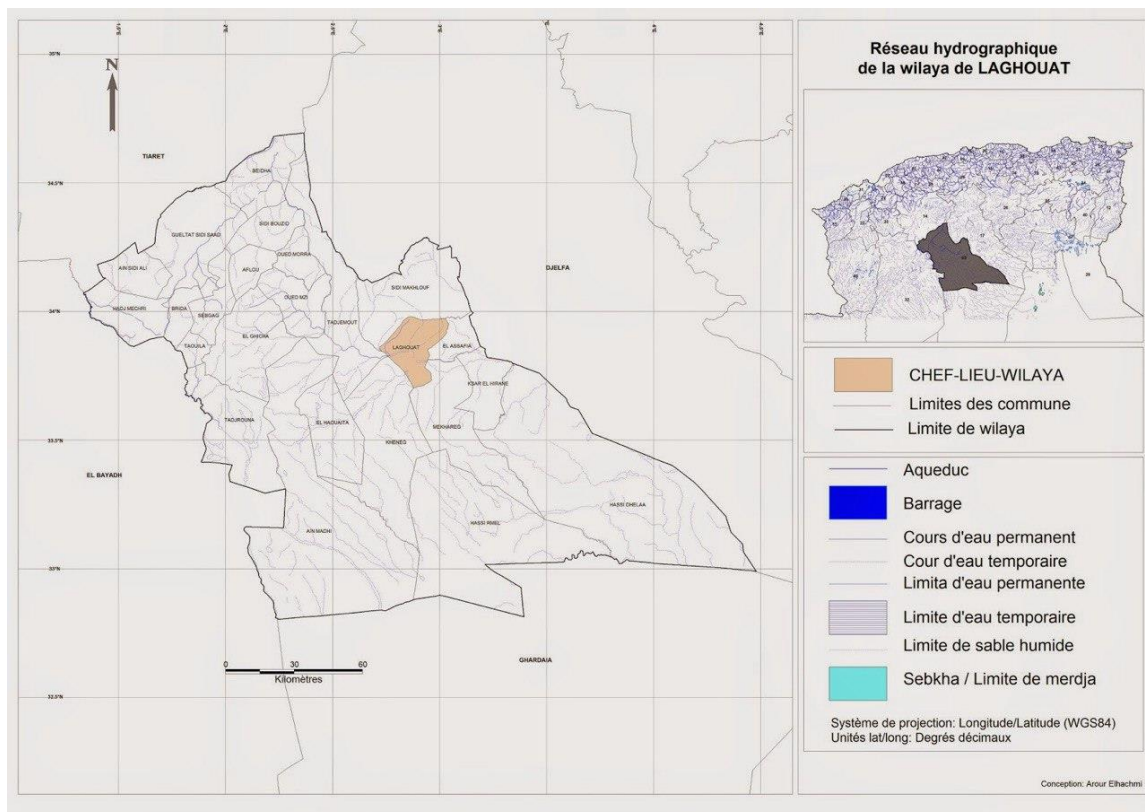


Figure N° 2 : Carte du réseau hydrographHique de la wilaya de LAGHOUAT

1.2. Les trois points d'études :

- **Point 1** : Barrage Seklafa
- **Point 2** : Oued M'zi (entre Oued M'zi et Barrage Seklafa)

- **Point 3** : Barrage Tadjemout

1.3. Les coordonnées géographiques des points d'études :

Les points	Les coordonnées géographiques
Point 1	2°20'59'' E 34°0'55'' N
Point 2	2°22'18'' E 33°59'2'' N
Point 3	2°31'24'' E 33°52'46'' N

Tableau N° 1 : les coordonnées géographiques des points d'études.

1.4. Cadre Hydrologique :

D'après **Bouguerra (2010)**, la région de Laghouat présente un potentiel hydrique limité. Les ressources en eaux de surface sont concentrées principalement au niveau de l'Atlas saharien. Leur faible disponibilité est due à l'irrégularité des précipitations et à l'intensité de l'évaporation dans cette zone aride. Les principaux cours d'eau de la région sont représentés par l'Oued M'Zi, l'Oued Touil et l'Oued Medsous (**ANRH, 2015**).

1.5. Cadre Géologique :

Selon **Achour et al. (2007)**, la wilaya de Laghouat renferme deux unités géologiques bien distinctes sur le plan structural et morphologique.

Au nord, l'Atlas saharien comprend les monts des Amours et ceux des Ouled Nail, formés principalement de terrains plissés.

Au sud, la zone du Sahel se caractérise par une vaste plateforme structurale composée de plateaux sub-tabulaire, de nature lithologique variée, identifiés localement sous les appellations de Hamada et Reg (**Bensaïd, 1995 ; Cornet, 2002**).

1.6. Cadre Pédologique :

Les sols de la région sont globalement pauvres en matière organique, peu profonds et sensibles à l'érosion. Leur genèse est fortement influencée par la faiblesse des précipitations et l'évaporation intense qui caractérise le climat saharien.

Selon **Belhadj (2018)**, la classification pédologique de la wilaya de Laghouat demeure complexe, en raison de l'étendue de son territoire et du manque de données détaillées. Les études disponibles reposent essentiellement sur des prospections limitées, notamment celles de **l'INRAA (2013)** et du **CNTS (2016)**, qui ont permis d'identifier plusieurs types de sols.

D'après **Mainguet (1999)**, les sols du Sud algérois présentent une grande diversité ; la carte pédologique montre une mosaïque constituée de sols minéraux bruts, de sols peu évolués, de sols calcimagnésiques, de sols iso humiques et de sols des dayas, répartis de manière irrégulière sur le territoire Laghouat.

1.7. Cadre climatique :

Le climat joue un rôle important dans le suivi écologique des écosystèmes. Dans ce contexte, diverses études ont démontré que la variation des paramètres climatiques détermine les variations de la pHytomasse, la production primaire, la richesse floristique, la pHénologie 27 des espèces, l'occupation du sol (**Djebaili, S 1978 ; Aidoud, 1983-1989 ; Benrbiha, 1984 ; Le Houérou, 2005 ; Aidoud et al. 2006 ; Hirche et al. 2010 ; Nedjraoui et Hirche 2016**).

Les principaux facteurs climatiques retenus dans notre étude sont les précipitations et les températures auxquelles nous ajoute le facteur du vent. C'est à partir de données moyennes, en générale ombriques et thermiques que peut être abordée la caractérisation climatique et bioclimatique d'un territoire (**Richard D 1987**).

1.7.1. Les Températures :

La température est un facteur écologique de première importance qui a une grande influence sur les propriétés pPhysico-chimiques des écosystèmes aquatiques (**Ramade,1993 ; Angelier, 2000**).

Mois		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Lagouat	Tmax M(C°)	13.48	14.70	18.86	23.92	28.62	33.97	38.41	36.95	31.73	25.40	17.85	14.03
	Tmin m(C°)	1.43	1.80	4.73	9.04	13.14	17.94	22.47	22.27	17.93	12.33	6.03	2.64
	M+m/2	7.46	8.25	11.79	16.48	20.88	25.95	30.44	29.61	24.84	18.86	11.94	8.33
	M - m	12.06	12.9	14.13	14.88	15.48	16.03	15.94	14.68	13.82	13.07	11.82	11.39

Tableau N° 2 : Températures mensuelles moyennes de la région de Laghouat (2010 _ 2020)

(Source : O.N.M.)

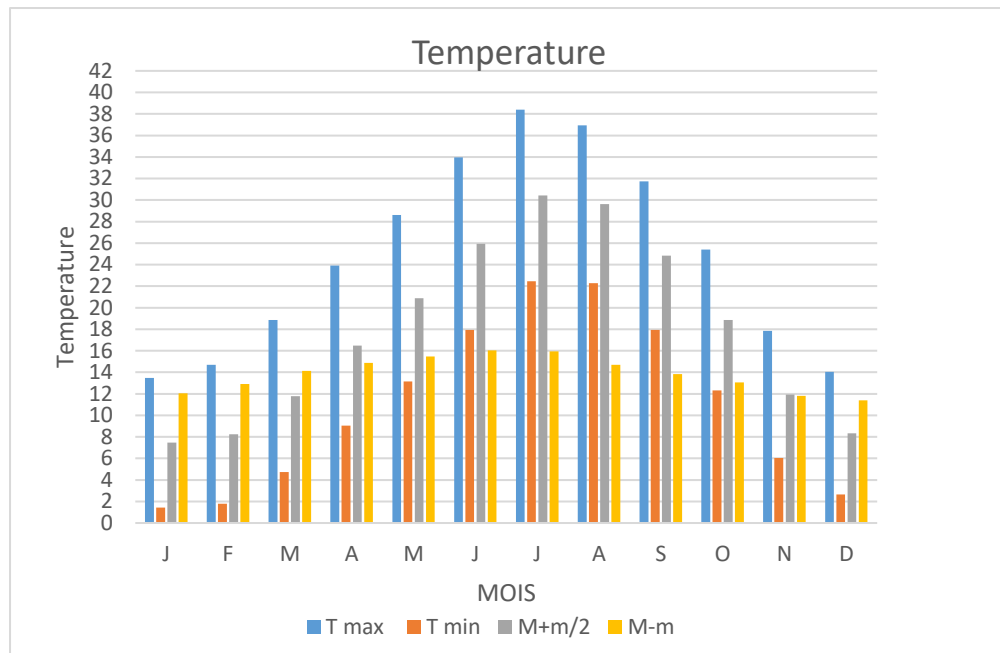


Figure N° 3 : Histogramme représente la température dans la région de Laghouat (2010 _ 2020)

La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance d'au moins cinq variables importants qui sont les maximas, les minimas, la moyenne mensuelle, le minimum absolu et le maximum absolu ainsi que l'amplitude thermique (**DJEBAILLI, 1985**). Ces valeurs sont indiquées dans le tableau ci-dessus :

- La valeur des températures moyennes minimales montre que la température minimale la plus faible enregistrée est **1.43 °C** en janvier, et la température minimale la plus élevée est enregistrée en Juillet avec **22.47 °C** ;
- La valeur des températures moyennes maximales montre que la température maximale la plus basse est enregistrée en janvier avec **13,49 °C**, alors que la température la plus élevée observée est **38,41 °C** en juillet.
- La valeur des températures moyennes mensuelles montre que les températures les plus basses sont observées en janvier avec **7,46 °C** et les plus élevées sont enregistrées au mois de juillet avec **30,44 °C**.

1.7.2. Précipitation :

Les précipitations sont un paramètre climatique de détermination pour l'évaluation des apports hydrique d'une réserve d'eau donnée. Ces apports contribuent à leur tour à l'enrichissement du milieu en matière particulaires et dissoutes (**Groga, 2012**)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totale (mm)
Laghouat	9.63	8.26	8.89	15	10.95	10.28	5.48	11.78	17.79	14.87	15.32	13.18	141.34

Tableau N° 3 : Les précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Laghouat (2010 _ 2020)

(Source : O.N.M) .

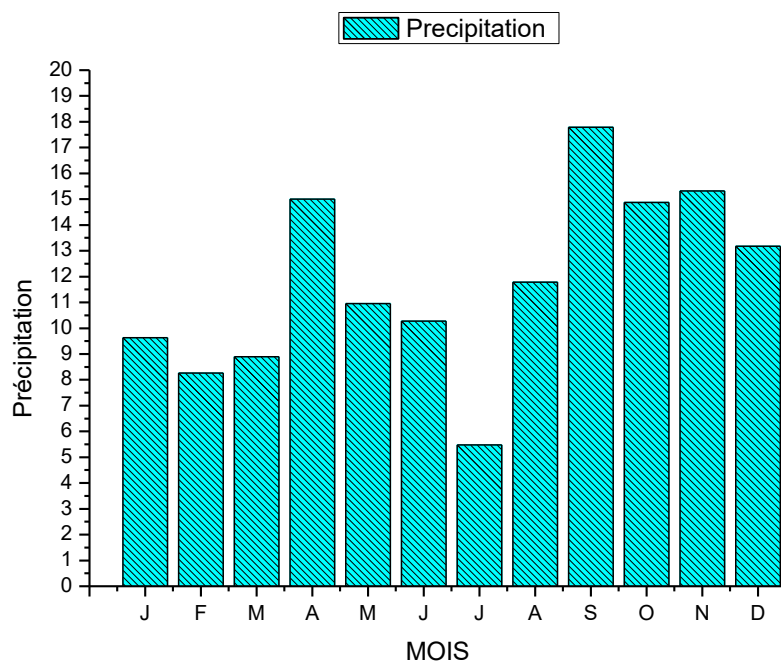


Figure N° 4 : Histogramme représente la précipitation dans la région de Laghouat (2010 _ 2020)

L'examen du **tableau « 02 »** montre que les moyennes des précipitations mensuelles sont irrégulières. Le mois le plus pluvieux est le mois de septembre avec **17.79** mm, alors que le mois le plus sec est le mois de juillet avec **5.48** mm.

1.7.3. Régime saisonnier :

Le régime saisonnier définit la répartition des pluies sur quatre saisons et détermine l'indicatif saisonnier en arrangeant ces quatre saisons par ordre croissant (**Halimi, 1980**). Le tableau 03 montre le régime saisonnier de Laghouat pour la période 2010 – 2020.

	<i>Automne</i>	<i>Hiver</i>	<i>Printemps</i>	<i>Eté</i>	Totale (mm)	Régime saisonnier
Laghouat	47.98	31.07	34.84	17.26	141.34	A.P.H.E

Tableau N° 4 : Régime saisonnier de Laghouat pour la période 2010– 2020

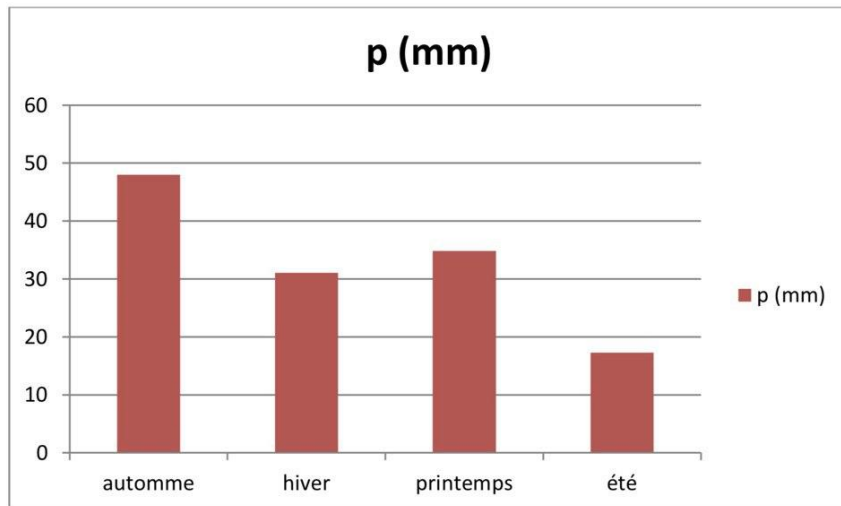


Figure N° 5 : le régime saisonnier (précipitation en mm) station de Laghouat (2010-2020)

Le classement décroissant du total des précipitations saisonnières permet de montrer que le régime saisonnier de la région de Laghouat est de type **APHE**.

1.7.4. Le vent :

Le vent est un phénomène continu au désert où il joue un rôle considérable en provoquant une érosion intense grâce aux particules sableuses qu'il transporte (**Ozenda, 1983**). Le rôle microclimatique du vent est particulièrement important par la modification qu'il entraîne dans les valeurs d'autres composantes fondamentales (température, humidité relative, évaporation, en particulier) (**Lacoste et Salanon, 2001**)

Les variations des vitesses moyennes mensuelles du vent pour la région de Laghouat durant 10 ans.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Laghouat	2.63	2.84	3.01	3.95	3.38	3.06	2.77	2.82	2.75	2.27	2.49	2.88

Tableau N° 5 : Moyenne de la Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) de la région de Laghouat sur une durée de 10 ans (2010_ 2020)

L'examen du tableau 04 révèle que la vitesse du vent est maximale dans le mois d'avril (3.95 m/s) par rapport aux autres mois. Elle est minimale dans le mois d'octobre (2.27 m/s).

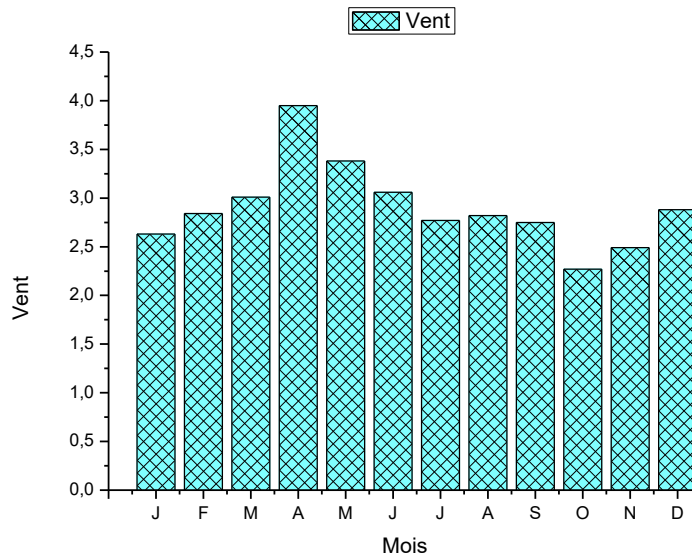


Figure N° 6 : Histogramme représenté la vitesse du vent de la région le Laghouat

1.8 Synthèse climatique :

Les liens qui existent entre les paramètres climatiques et la végétation ont fait l'objet de nombreuses études bioclimatiques où les auteurs ont conclu qu'indépendamment de leur composition floristique, tous les groupements végétaux qui se développent dans les zones isoclimatiques sont homologues et équivalents, ce qui revient à dire que le climat façonne la végétation et que celle-ci n'est que l'expression biologique du milieu (**Emberger, 1955 ; Le Houérou et al. 1979**).

Deux techniques permettent de faire la synthèse des données climatiques ; ce sont le diagramme ombrothermique de **BAGNOULS et GAUSSEN** et le Climagramme pluviothermique d'Emberger. La classification bioclimatique donne lieu à de très nombreuses applications dans le domaine de l'agriculture et l'écologie. Cette classification est fondée sur trois critères selon **Le Houérou et al., (1995)**, soit les précipitations P et les températures m et M.

P : la moyenne annuelle des précipitations donnée en mm ;

m : la moyenne des températures des minima du mois le plus froid exprimée en °C ;

M : la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud en °C.

Grâce à cette classification, nous pouvons mieux comprendre le comportement des êtres vivants végétaux et animaux.

1.9. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN :

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles (Dajoz, 2006).

Les diagrammes Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN sont constitués en portant en abscisses les mois et en ordonnées, à la fois, les températures moyennes mensuelles en (°C) et les précipitations mensuelles en (mm). L'échelle adoptée pour les pluies est double de celle adoptée pour les températures dans les unités choisies. Un mois est réputé «sec» si les précipitations sont inférieures à 2 fois la température moyenne, et réputé «humide» dans le cas contraire (Frontier, 1983).

La formule s'écrit :

$$P \leq 2T$$

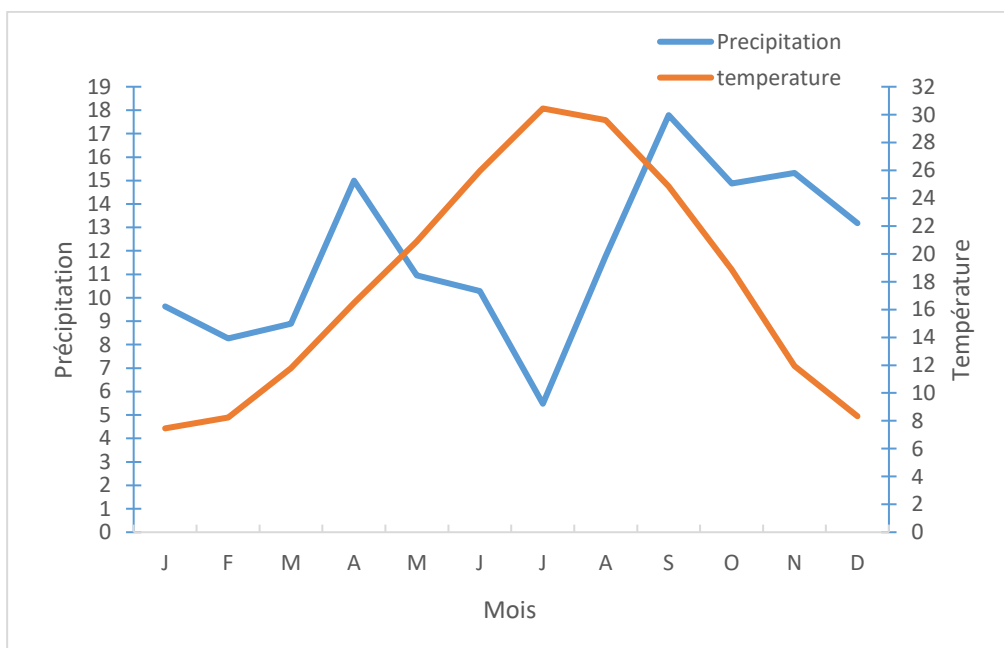


Figure N° 7 : le Diagramme Ombrothèrmique de Gaussen et Bangouls

1.10. Climagramme pluviométrique d'Emberger :

Le quotient pluviométrique (Q2) d'Emberger, permet de savoir à quel étage bioclimatique appartient la région d'étude et de donner une signification écologique des climats. Il est représenté par :

- En abscisse par la moyenne des mois les plus froids.
- En ordonnée par le quotient pluviométrique (Q2) d'Emberger.

Nous avons utilisé la formule de (Stewart pH 1969) adoptée pour l'Algérie :

$$Q3 = 3.43 * P / M - m$$

P : est la moyenne des précipitations annuelles exprimée en mm.

M : est la moyenne des températures maximas du mois le plus chaud exprimée en °C ;

m : est la moyenne des températures minimas du mois le plus froid exprimée en °C.

Les résultats montrent que les mois Juin, Juillet et Août restent les mois les plus chauds et les mois les plus froids sont Janvier, Février et Décembre.

Le quotient Q2 de la région d'étude est égal à 14,9 avec une température minimale (m °C) est de 1.43°C, calculé à partir des données climatiques obtenues durant une période s'étalant sur 29 ans de 1990 jusqu'en 2019. En rapportant cette valeur sur le Climagramme d'Emberger, il est à constater que la région de Laghouat se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hivers frais (**Figure N° 8**).

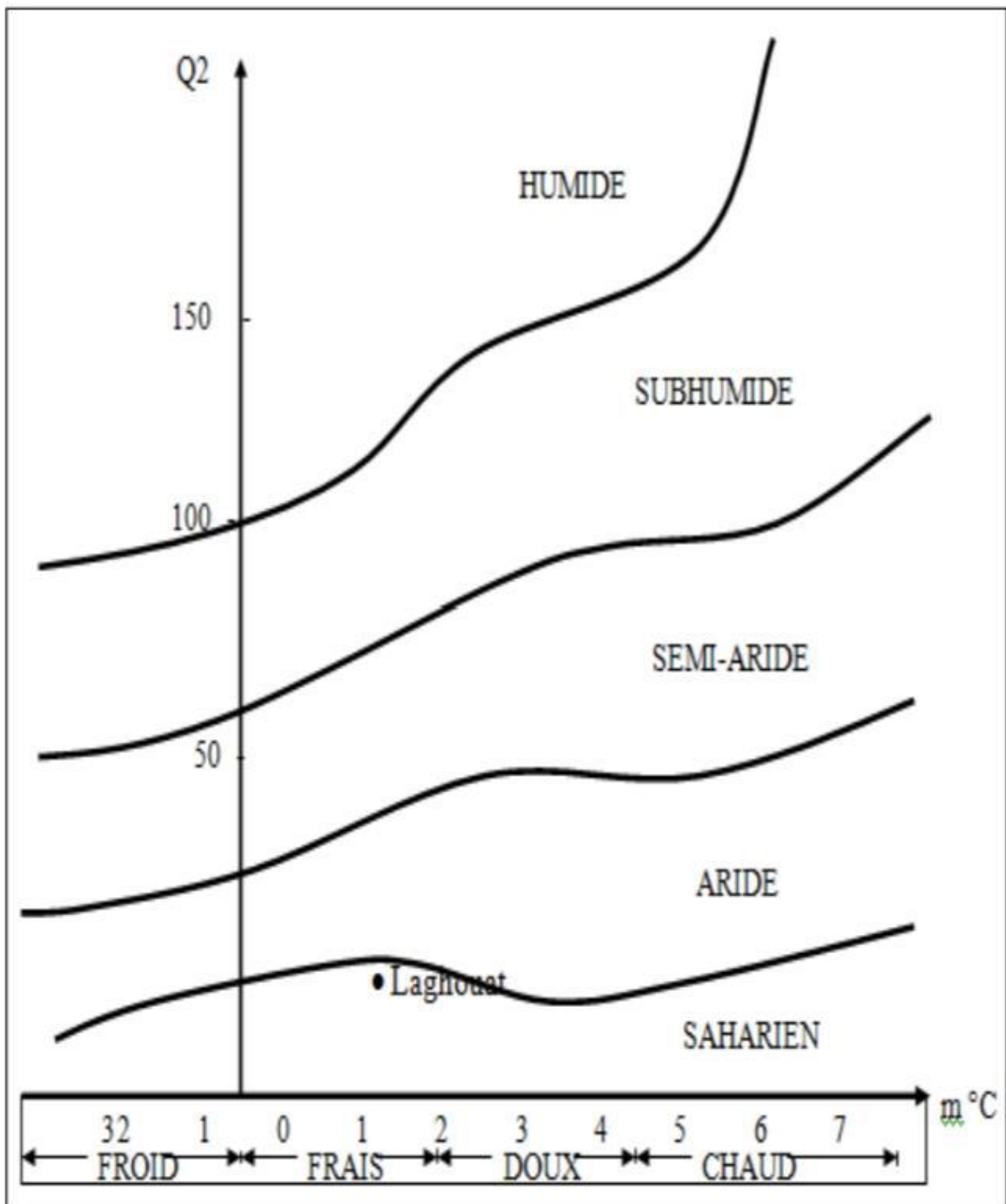


Figure N° 8 : Climagramme pluviothermique d'Emberger de la région de Laghouat

CHAPITRE 03 : METHODOLOGIE DU TRAVAIL

II. Les Analyses D'eau :

Ce chapitre définit également les méthodes d'analyses d'échantillons d'eau d'oued de M'Zi de la région de Laghouat.

L'étude expérimentale implique la réalisation d'analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux d'OUED M'ZI. Les analyses microbiologiques et physicochimiques ont été effectuées au niveau des laboratoires d'A.D.E. L'étude de la qualité des eaux d'OUED M'ZI a suivi les étapes suivantes :

- Echantillonnage.
- Analyse.
- Interprétation.

Le prélèvement est un acte qui consiste à obtenir un volume global représentatif de l'eau à contrôler, prélevé en trois différents stations définies (**S1** : Barrage seklafa, **S2** : oued M'zi, **S3** : Barrage tadjmout) à long de oued M'zi, appelées échantillons, d'où ce dernier est destiné à la réalisation d'analyses. Le prélèvement des échantillons est l'une des étapes les plus importantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Il est donc essentiel que l'échantillonnage soit effectué avec prudence et de la technique afin d'éviter toutes les sources possibles de contamination.

Le récipient utilisé doit assurer, une fois bouché, une protection totale contre toute contamination. Il ne doit pas céder à l'échantillon de substances toxiques vis-à-vis des bactéries.

(Figure N° 2).



Figure N° 9 : Prélèvement manuel en eau profonde (Original ,2025).

II.1. Les matériels utilisés pour le prélèvement :

- Multi paramètre.
- Boîte de transport pour échantillons.
- GPS.
- Bouteilles d'échantillonnage.
- Appareil pHoto.

II.2. Les matériels utilisés au laboratoire :

- Becher.
- Plaque chauffent.
- Pincée de l'indicateur.
- Turbidimètre.
- Pipette 10ml, 5ml, 2ml, 1ml, et poires à pipette.
- Etuve ou bain marie pour séchage.
- Spectrophotométrie UV-Visible à longueur d'onde de 415nm.
- Fiole de 100ml.
- Balance analytique de laboratoire.

II.3. Les produits utilisés au laboratoire :

Nom du Produit	Formule chimique
Hydroxyde de sodium	NaOH
salicylate de sodium	C ₇ H ₅ NaO ₃
L'eau distillée	H ₂ O
PHénantroline-1,10 monohydrate	C ₁₂ H ₈ N ₂
Acide acétique	CH ₃ COOH
acétate d'ammonium	CH ₃ COONH ₄
chlorhydrate d'hydro	NH ₂ OH.HCL
Sulfanilamide	C ₆ H ₈ N ₂ O ₂ S
acide phosphorique	H ₃ PO ₄
Acide sulfurique	H ₂ SO ₄
N-1-NapHyléthylème diamine	C ₁₂ H ₁₂ N ₂
acide Dischloroisocyanurique	C ₃ Cl ₂ N ₃ O ₃ H
Nitrate d'argent	AgNO ₃
Chromate de potassium	K ₂ CrO ₄

II.4. Analyses physico- chimique de l'eau :

Des mesures sur le terrain ont été effectuées car certains paramètres peuvent changer lors du transport des échantillons vers le laboratoire et il est toujours préférable d'effectuer ces mesures sur place. Nous avons prélevé nos échantillons de trois points différents dans la même vallée.

Dans chaque flacon, nous avons apposé une étiquette permettant d'inscrire ultérieurement l'identification du prélèvement (le point de prélèvement, le type d'analyse, la date et l'heure de ce dernier).

Les échantillons ont été conservés à l'abri des rayonnements solaires dans une glacière munie de plaques eutectiques à une température de 4°C.

➤ **Sur le terrain on mesure plusieurs paramètres par le multi-paramètre (figure N° 8) :**

- la Température.
- le pH, la Conductivité électrique et TDS.
- Salinité.
- fertilité.
- Orp. (Pour mesure le potentiel d'oxydoréduction)
- Résistive.
- H₂.



Figure N° 10 : Mesure du pH et la conductivité électrique (Original ,2025).

II.5. Analyse au laboratoire :

II.5.1. Mesure de la turbidité :

Principe :

Un liquide trouble s'éclaire vivement lorsqu'il est traversé par un faisceau lumineux, c'est le phénomène dit Tyndall due aux particules insolubles en suspension diffusant latéralement une partie des rayons lumineux.

Appareillage :

Turbidimètre(HACH2100N) Cuve stérile.

Mode opératoire :

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

II.5.2. Dosage du titre hydrotimétrique(TH) :

II.5.2.1. Méthode par complexométrie (EDTA) :

Principe :

A pH 10 et en présence de NET, L'EDTA va complexer d'abord les ions Ca^+ du fait que le complexonate de Ca^+ est plus stable que le complexonate de Mg^+ . Cette complexonate de Ca^+ n'entraîne pas de visage de l'indicateur car il ne se lie pas aux ions Ca^+ , mais uniquement aux ions Mg^+ .

Quand tout le Ca est complexé l'EDTA complexe le Mg^+ en libérant. Enfin de dosage l'indicateur sous forme libre.

Technique :

-Dans un bécher on met 10 ml de l'eau à analyser

-Chauffer <60 °C, ajouter une pincée de l'indicateur NET et 2 ml du réactif (NH_4Cl : pH 10)

Titrer avec l'EDTA (0.02 N)

Calcul :

$$\text{TH} [(V_{\text{EDTA}} \cdot N_{\text{EDTA}})/V_{\text{eau}}] \times 1000$$

V_{EDTA} : volume EDTA

N_{EDTA} : normalité EDTA

V_{eau} : volume de l'eau à analyser

Réactifs :

-Indicateur noir éricrome T (NET)

-Solution d'EDTA

-pH tampon 10

II.5.3. Détermination des chlorures(Cl) :

A-Solution de Nitrate d'argent à 0.02 N(mol/l):

-0.339 g d'AgNO₃ —————> 10 ml d'eau distillée

-Sèches à 105° c

-Compléter à 100 ml d'eau distillée

B-Indicateur coloré K₂CrO₄ à 10%: ...par mois :

0.5 g de K₂CrO₄ —————> Q.S.P 100ml d'H₂O dist

C-Solution étalon de chlorures de sodium à 0.02 mol/l:

-0.117 g de NH₄Cl —————> 10ml d'eau distillée.

-Sèches à 105° c

-Compléter à 100 ml d'eau distillée

D-Solution d'acide nitrique (HNO₃) à 0.1 mol/l:

0.761 ml de HNO₃.....100 ml d'eau distillée.

E-Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0.1 mol/l :

-0.4 g de NaOH..... 10ml d'eau distillée.

-Compléter à 100 ml d'eau distillée.

Dosage :

Pour l'échantillon :

-100ml échantillon(Va)+1ml indicateurK₂CrO₄(B)+ bien mélanger +Titrer avec solution de Nitrate d'argent à 0.02 N(Vs)...jusqu'à la coloration rougeâtre + 1 goutte de la solution étalon de chlorures de sodium à 0.02 mol/l... jusqu'à la coloration soit disparue.

Pour le blanc :

-100 ml d'eau distillée +1 ml indicateur K₂CrO₄(B) + bien mélanger +Titrer avec solution de Nitrate d'argent à 0.02 N(Vb).

$$(V_s - V_b)$$

$$P_{Cl} = \frac{\quad}{V_a} * C * f$$

$$V_a$$

$$f = 35453 \text{ mg/l}$$

II.5.4. Détermination de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) L'AMMONIUM :

Principe :

Mesure spectrométrique à environ 655nm du Composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et Hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

- Réactifs :

***Réactif I :**

- Acide Dichloroisocyanurique.....2g
- Hydroxyde de sodium (NaOH).....32g.
- H₂O distillée.....q.s.p 1000ml

***Réactif II (coloré) :**

- Trictrate de sodium.....130g.
- Salicylate de sodium.....130g.
- Nitropruciate de sodiuo.....97g.
- H₂O distillée.....q.s.p 1000ml.

- **Appareillage :** Spectrophotomètre UV-Visible

Mode opératoire :

- Prendre 40ml d'eau à analyser
- Ajouter 4ml du réactif I
- Ajouter 4ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h, 30
- *L'appaition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH₄⁺ effectuer la lecture à 655nm.
- Expression des résultats :** Le résultat est donné directement en mg/l.

II.5.5. Dosage des ions nitrites par méthode spectrométrique :

Principe :

Les ions nitrites réagissent en milieu acide (pH=1,9) avec la sulfanilamide en former un comppsé diazoïque qui après copulation avec le N1 NapHtyléthylènediamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm.

REACTIFS :

Réactif mixte :

- Sulfanilamide.....40g
- Acide pHospHorique.....100g.
- N-I -NapHtyléthylène diamine.....2g.
- H₂0 distillée.....q.s.p 1000ml

Mode opératoire :

- Prendre 50ml d'eau à analyser
- Ajouter 1ml du réactif mixte.
- Attendre 10 mn.
- *L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO₂⁻.
- Effectuer la lecture à 543nm.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.5.6. Dosage des Sulfates :**Principe :**

Les ions sulfates sont précipités et pesés à l'état de sulfate de baryum.

Réactifs :

- Solution stabilisante.
- Solution de chlorure de baryum 0.01 mol/l

Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn

II.5.7. Détermination du fer méthode à l'orthophénanthroline :**Principe :**

Addition d'une solution de pHénanthroline 1, 10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510 nm.

Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le Fe^{3+} en Fe^{2+}

Réactifs :**Tampon Acétate :**

- Acétate d'ammonium.....40g
- Acide acétique cristallisable..... 50 ml
- Eau distilléeq.s.p 100 ml.

Chlorhydrate d'hydroxylamine à 10 % :

- Chlorhydrate d'hydro..... 10 g
- Eau distillée..... q.s.p 100 ml.

Solution de PHénanthroline-1,10 :

Dissoudre 0,42 g de PHénanthroline-1,10 monohydrate ($C_{12}H_8N_2.H_2O$) dans 100ml d'eau distillée contenant 2 gouttes d'Acide chlorhydrique. Cette solution est stable pendant une semaine. Conserver dans un flacon teinté et au réfrigérateur.

Solution mère étalon de à fer 1 g/l:

Solution fille étalon de fer à 0,01 g/l (à préparer extemporanément) et diluer au 1/100 la solution précédente.

Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100ml
- Ajouter à la solution transvasée, 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement
- Ajouter 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH compris entre 3,5 et 5,5 de préférence 4,5
- Ajouter enfin 2ml de la solution de pHénanthroline-1, 10 compléter à 50 ml puis conserver les fioles à l'obscurité pendant 15 mn.
- Enfin passer au spectro pour mesurage à la longueur d'onde de 510nm

Expression des résultats : le résultat est donné en mg/l.

II.5.8. Dosage des nitrates NO₃ méthode au salicylate de sodium :**Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 0.5%
- Solution d'hydroxyde de sodium à 30%
- Solution de tartrate double de sodium et de potassium
- Acide sulfurique (H₂SO₄) concentré

Matériels :

- Balance analytique de laboratoire
- Fioles de 100 ml
- Pipettes 10ml, 5ml, 2ml, 1ml et poires à pipete
- Etuve ou bain marie pour séchage
- Spectrophotomètre UV-Visible à longueur d'onde de 415nm.

Mode opératoire :

- Prendre 10ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88°C. (Ne pas surcharger ni sur chauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2ml. H₂SO₄.
- Laisser reposer 10mn.
- Ajouter 15ml d'eau distillée.
- Ajouter 15ml de tartrate double de sodium et de potassium.

-Faire la lecture au spectromètre UV-Visible

Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

III. Analyses bactériologiques de l'eau :

III.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

Le dénombrement des coliformes totaux et fécaux constitue une méthode de référence pour l'évaluation de la qualité microbiologique des eaux.

Les coliformes totaux sont définis comme des bacilles à Gram négatif, non sporulés, aérobies ou anaérobies facultatifs, dépourvus d'oxydase, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz dans un délai de 24 heures à 37 °C en présence de sels biliars.

Les coliformes fécaux partagent ces mêmes caractéristiques, mais se distinguent par leur aptitude à croître à une température plus élevée (44 °C), ce qui en fait des indicateurs fiables de contamination d'origine fécale.

Parmi eux, *Escherichia coli* représente l'espèce la plus spécifique : elle se reconnaît par sa capacité à produire de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C.

Cette analyse permet ainsi de quantifier le degré de pollution microbienne et d'identifier la source potentielle de contamination.

III.2. Dénombrement des germes aérobies mésophiles revivifiables :

*La méthode repose sur la technique d'ensemencement en masse dans un milieu nutritif solide, le Tryptone Glucose Extrait Agar (TGEA).

*Un volume de 1 ml de l'échantillon d'eau est introduit de manière aseptique dans deux boîtes de Pétri stériles.

*Chaque boîte est ensuite complétée avec 19 ml de TGEA fondu et refroidi à 45 ± 2 °C.

*Un mouvement circulaire en forme de « 8 » permet une homogénéisation optimale du mélange avant solidification à température ambiante.

*Une seconde couche d'environ 5 ml du même milieu est ajoutée pour éviter la contamination de surface.

*Les boîtes sont réparties en deux séries distinctes :

*Incubation à 22 ± 2 °C pendant 24 h : dénombrement des bactéries psychrotrophes d'origine environnementale.

*Incubation à 36 ± 2 °C pendant 24 h : dénombrement des bactéries mésophiles d'origine anthropique.

*Cette double incubation permet de différencier les microorganismes selon leur préférence thermique et leur origine probable.

III.3. Dénombrement par filtration sur membrane :

La méthode de filtration membranaire consiste à filtrer un volume d'eau défini (250 mL) à travers une membrane en acétate de cellulose de porosité 0,45 μm , à l'aide d'une rampe de filtration sous vide.

*Les micro-organismes présents dans l'eau sont ainsi retenus à la surface de la membrane, qui est ensuite déposée sur un milieu de culture sélectif approprié :

*Gélose Slanetz & Bartley : pour l'isolement et le dénombrement des streptocoques fécaux après incubation à 36 ± 2 °C pendant 48 h.

*Gélose Bile Esculine Azoture (BEA) : pour la confirmation des colonies caractéristiques (colonies noires), après incubation à $44 \pm 0,5$ °C pendant 2 h.

*Le nombre de colonies caractéristiques est ensuite exprimé par rapport au volume d'eau analysé (100 mL ou 250 mL).

*Cette méthode est reconnue pour sa sensibilité élevée et sa précision, notamment dans la détection des contaminations fécales à faible densité bactérienne.

IV. Techniques numériques d'analyse des données :

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant des logiciels Origin Pro 8.

CHAPITRE 4 :
RESULTATS ET
DISCUSSION :

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une étude approfondie dont le but est d'interpréter la qualité de l'eau, afin de connaître la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau d'OUED M'ZI de la région de Laghouat.

I. Résultats des analyses physico-chimiques :

I.1. Température de l'eau :

La température est dans les normes (vu la période de prélèvement). Elle influe la concentration de l'oxygène dissout et la détermination du pH. Elle conditionne de ce fait la totalité des espèces et des communautés des êtres vivant dans la biosphère.

Les résultats des Températures sont récapitulés dans le tableau suivant :

Stations	P1	P2	P3
Température	17	18.1	22.4

Tableau N° 6 : Les résultats des Températures d'oued de M'zi.

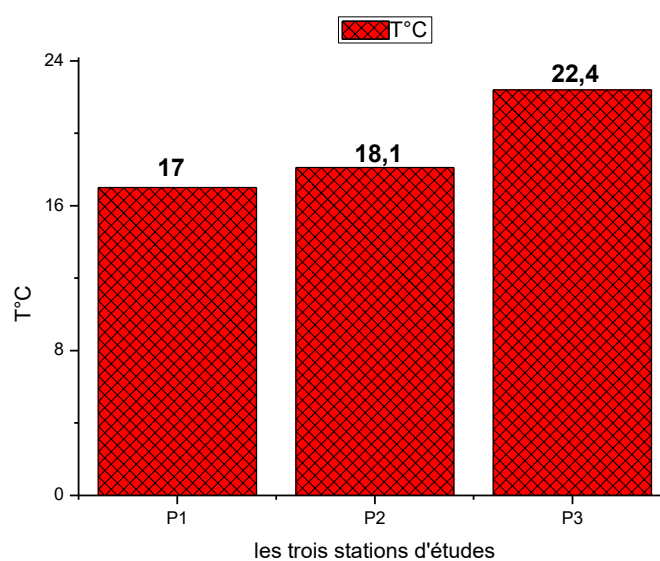


Figure N° 11 : Variations de Température au niveau les sites étudiés

I.2. Dureté totale :

La dureté totale varie légèrement autour de 630 mg/L, avec des moyennes de 570 mg/L (S1), 550 mg/L (S2) et 770 mg/L (S3).

Stations	P1	P2	P3
Dureté totale	570	550	770

Tableau N° 7 : Les résultats de dureté totale D'OUED DE M'ZI

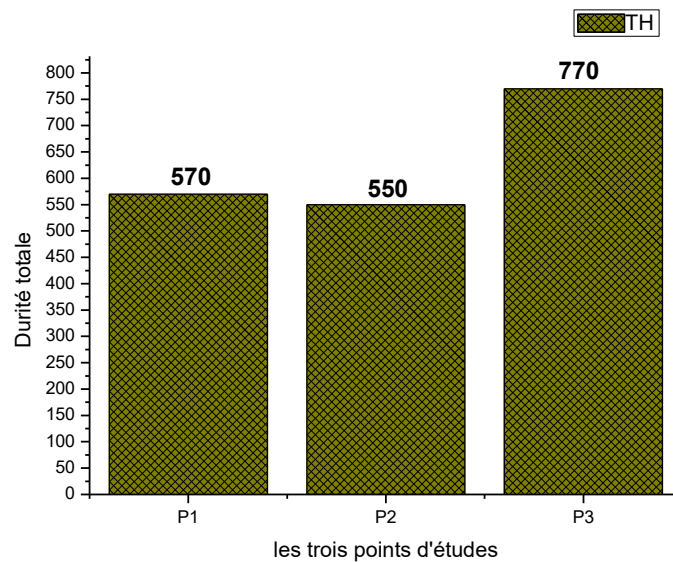


Figure N° 12 : Variations de dureté totale au niveau les sites étudiés

I.3. Le pH :

Le pH varie entre 7.15 et 8.19, avec une moyenne de 7.55 à la station S1, 7.88 à la station S2 et 7.89 à la station S3.

Stations	P1	P2	P3
pH	4.10	4.10	4.08

Tableau N° 8 : Les résultats de PH d'oued de M'zi

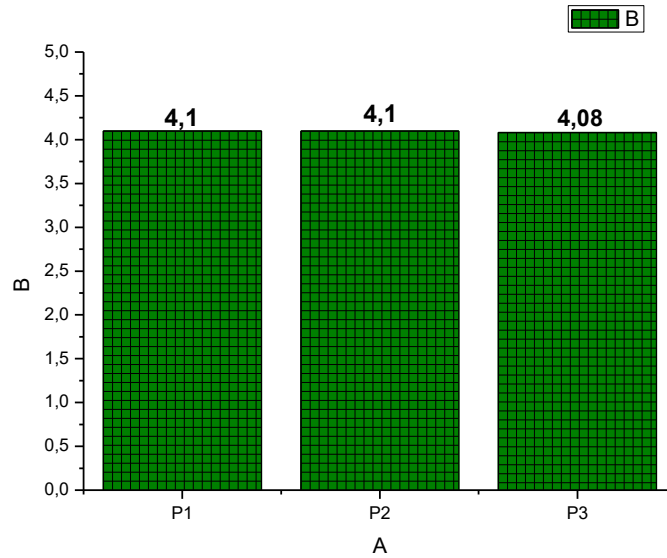


Figure N° 13 : Variations de PH au niveau les Points étudiés.

I.4. Matière en suspension :

Stations	P1	P2	P3
M	786 mg/l	796 mg/l	1452 mg/l

Tableau N° 9 : les résultats de matière en suspension d'oued M'zi

Le résultat de La masse de matière en suspension varient et différent entre les stations, avec la valeur la plus élevée à la troisième station et la plus basse à la première station.

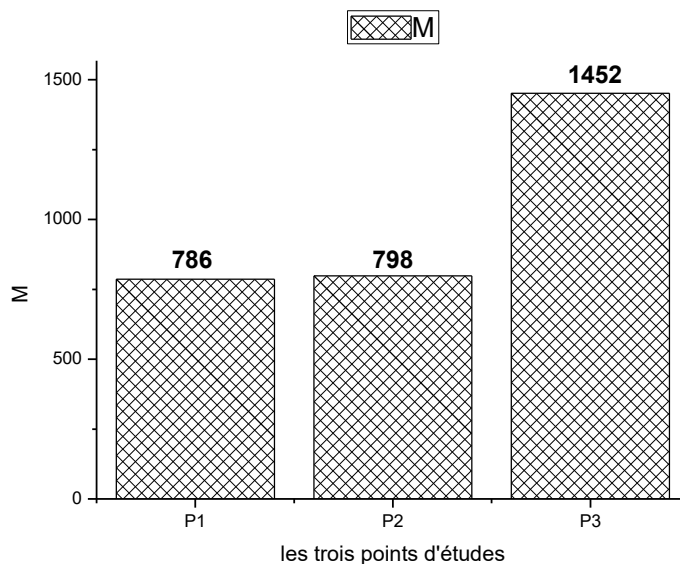


Figure N° 14 : Variations de la masse de matière en suspension au niveau les Points étudiés.

I.5. Salinité :

Les niveaux de salinité sont faibles, avec des moyennes de 0.5 mg/L (S1), 0.5 mg/L (S2) et 0.9 mg/L (S3).

Stations	P1	P2	P3
Salinité	0.5 mg/l	0.5 mg/l	0.9 mg/l

Tableau N° 10 : Les résultats de Salinité d'oued de M'zi

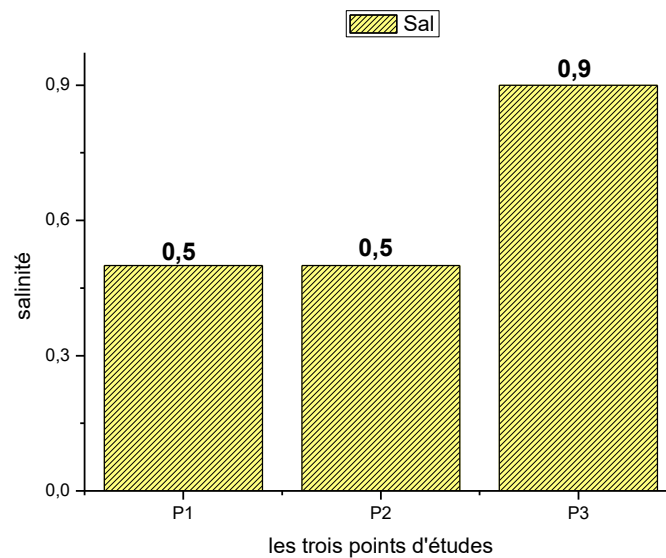


Figure N° 15 : Variations de salinité au niveau des points étudiés.

I.6. TDS :

Nous voyons les résultats du Total Des solides dissous(TDS). Il est proche dans les deux points (1 et 2) et dépasse le 500mg/l et diffèrent dans la troisième point dépasse le 900 mg/l.

Stations	P1	P2	P3
TDS	517 mg/l	524 mg/l	952 mg/l

Tableau N° 11 : les résultats de TDS D'OUED M'ZI

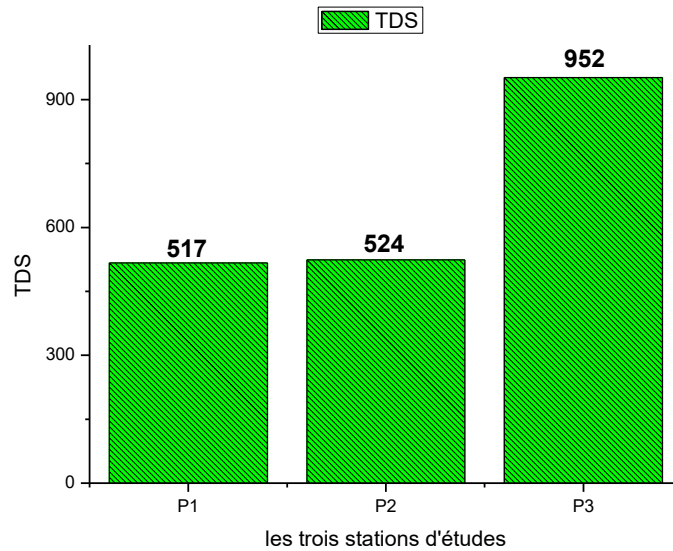


Figure N° 16 : variations de TDS au niveau des points étudiés

I.7. Conductivité électrique :

La conductivité électrique varie entre 1037 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1915 $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec des moyennes de 1037 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (S1), 1050 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (S2) et 1915 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (S3).

Stations	P1	P2	P3
CE	1037 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1050 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1915 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tableau N° 12 : Les résultats de Conductivité électrique D'OUED DE M'ZI

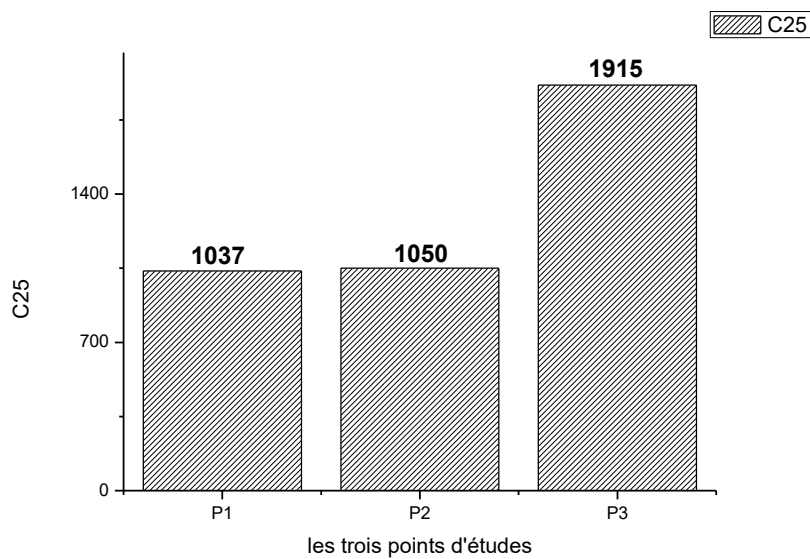


Figure N° 17 : Variations de conductivité électrique au niveau des points étudiés

I.8. Turbidité :

La turbidité varie entre 0.9 mg/l et 10.2 mg/l, avec des moyennes de 10.2 mg/l (S1), 6.44 mg/l (S2) et 0.98 mg/l (S3).

Stations	P1	P2	P3
Turbidité	10.2 mg/l	6.44 mg/l	0.98 mg/l

Tableau N° 13 : Les résultats de Turbidité D'OUED DE M'ZI

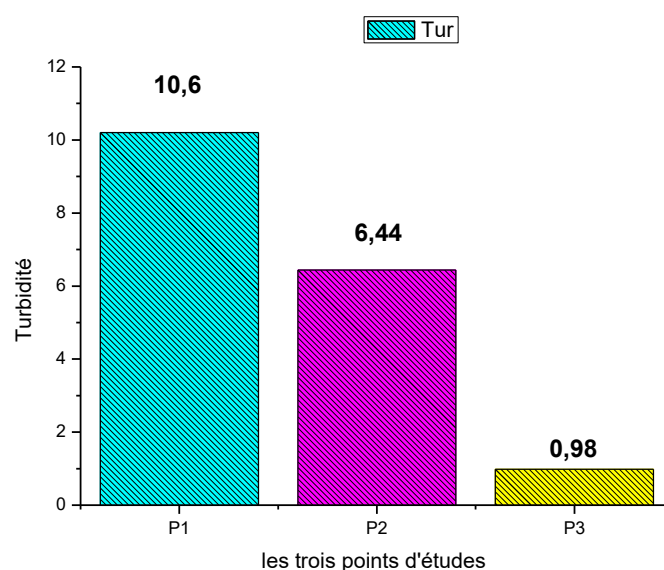


Figure N° 18 : Variations de Turbidité au niveau des points étudiés

I.9. Calcium (Ca²⁺) :

Le calcium varie entre 152 mg/l et 232 mg/l, avec des moyennes de 152 mg/l (S1), 200.4 mg/l (S2) et 232 mg/l (S3).

Stations	P1	P2	P3
Calcium	152 mg/l	200.4 mg/l	232 mg/l

Tableau N° 14 : Les résultats de calcium D'OUED DE M'ZI

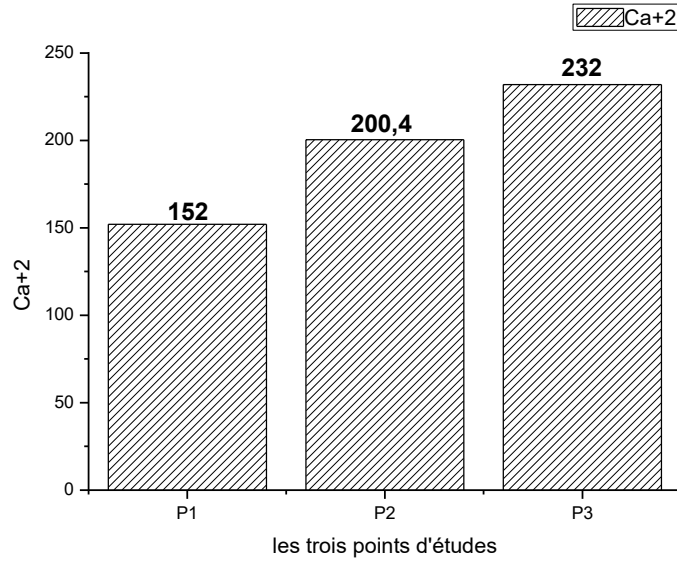


Figure N° 19 : Variations de Calcium au niveau des points étudiés

I.10. Magnésium (Mg⁺²) :

Le Magnésium varie entre 12.6 mg/l et 46.5 mg/l, avec des moyennes de 46.45 mg/l (S1), 12.6 mg/l (S2) et 46.5 mg/l (S3).

Stations	P1	P2	P3
Magnésium	46.45 mg/l	12.6 mg/l	46.5 mg/l

Tableau N° 15 : Les résultats de Magnésium D'OUED DE M'ZI

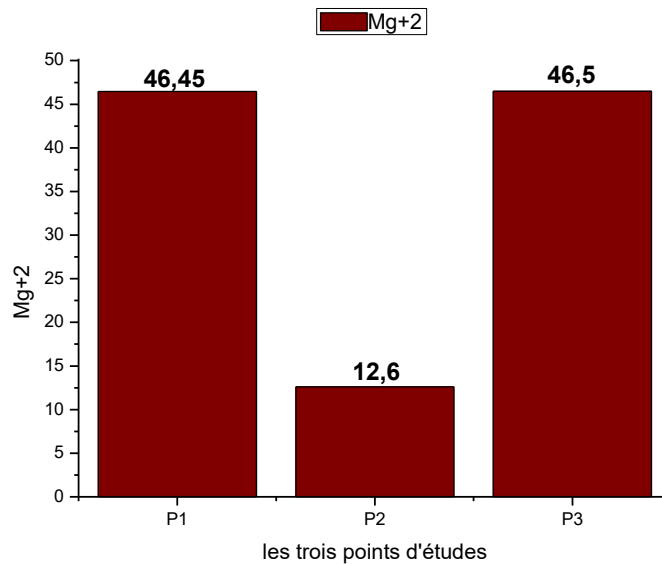


Figure N°20 : Variations de Magnésium au niveau des points étudiés

I.11. Chlorure (Cl⁻) :

Le Chlorure varie entre 142 mg/l et 227 mg/l, avec des moyennes de 170.4 mg/l (S1), 142 mg/l (S2) et 227 mg/l (S3).

Stations	P1	P2	P3
Chlorure	170.4 mg/l	142 mg/l	227 mg/l

Tableau N° 16 : Les résultats de Chlorure D'OUED DE M'ZI

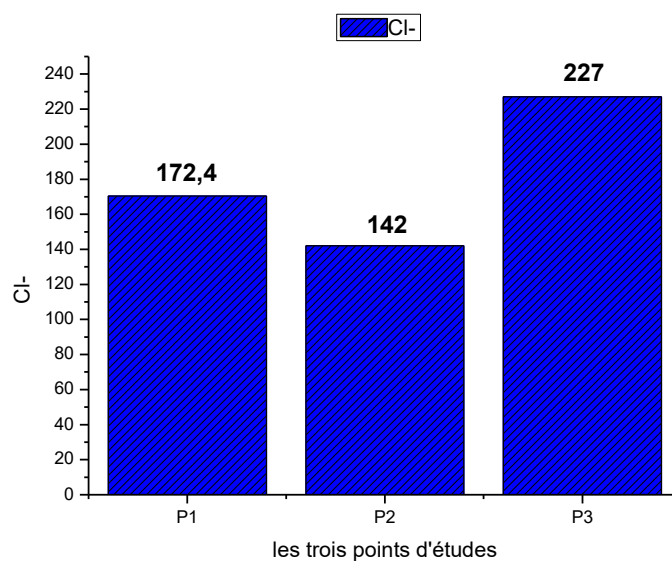


Figure N° 21 : Variations de Chlorure au niveau des points étudiés

I.12. Hydrogénocarbonate (HCO₃⁻) :

Après avoir mené notre essai en laboratoire, nous avons obtenu les résultats des Hydrogénocarbonate, et il a été constaté que la même quantité était présente dans les trois points d'étude.

Stations	P1	P2	P3
Hydrogénocarbonate	210 mg/l	210 mg/l	210 mg/l

Tableau N° 17 : Les résultats d'Hydrogénocarbonate D' OUED DE M' ZI

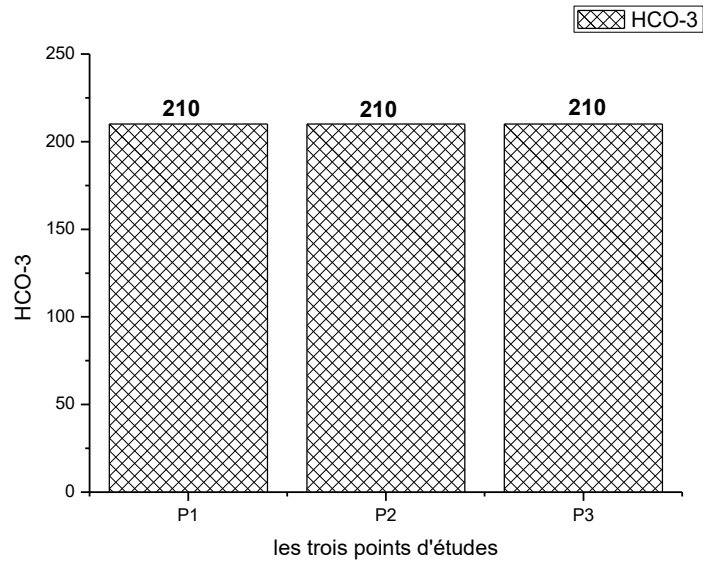


Figure N° 22 : Variations de d'Hydrogénocarbonate au niveau des points étudiés

I.13. Sulfate (SO^{-2}_4) :

Le Sulfate varie entre 182.04 mg/l et 272 mg/l, avec des moyennes de 182.04 mg/l (S1), 186.12 mg/l (S2) et 272 mg/l (S3).

Stations	P1	P2	P3
Sulfate	210 mg/l	210 mg/l	210 mg/l

Tableau N° 18 : Les résultats de Sulfate D' OUED DE M' ZI

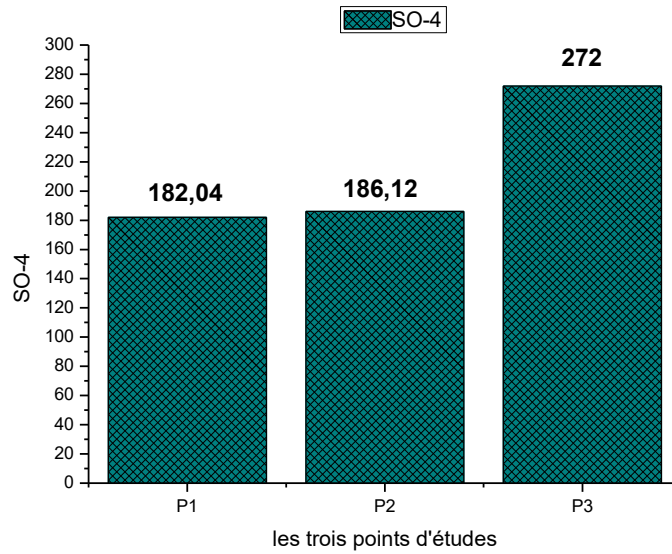


Figure N° 23 : Variations de de Sulfate au niveau des points étudiés

I.14. Nitrate (NO₃) :

Le Nitrate varie entre 6.12 mg/l et 8.39 mg/l, avec des moyennes de 7.01 mg/l (S1), 6.12 mg/l (S2) et 8.39 mg/l (S3).

Stations	P1	P2	P3
Nitrate	7.01 mg/l	6.12 mg/l	8.39 mg/l

Tableau N° 19 : les résultats de Nitrate D'OUED M'ZI

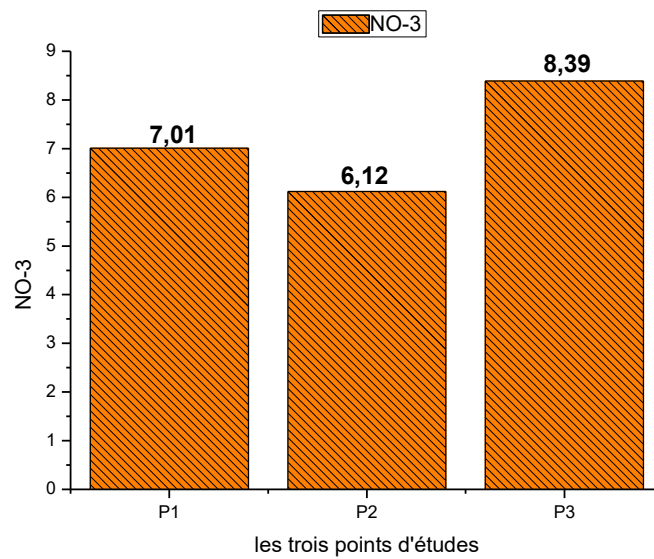


Figure N° 24 : Variations de de Nitrate au niveau des points étudiés

I.15. Nitrite (NO₂) :

On observe le Nitrite et très diminuée dans les trois points d'études, absence dans les deux points (1 et 3), et 0.01 dans le deuxième station.

Stations	P1	P2	P3
Nitrite	0 mg/l	0.01 mg/l	0 mg/l

Tableau N° 20 : les résultats de Nitrite D'OUED M'ZI

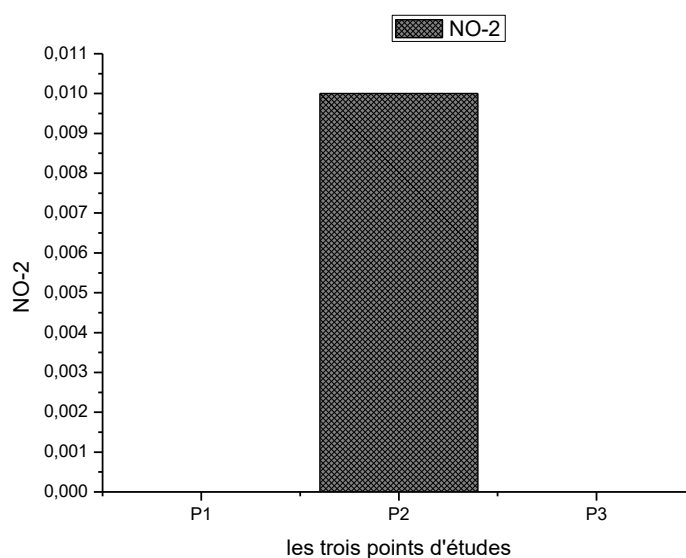


Figure N° 25 : Variations de de Nitrite au niveau des points étudiés

I.16. L'ammonium (NH₄⁺) :

L'ammonium varie entre 0 mg/l et 0.10 mg/l, avec des moyennes de 0.02 mg/l (S1), 0.10 mg/l (S3), absence dans la deuxième point.

Stations	P1	P2	P3
Nitrite	0.02 mg/l	0 mg/l	0.10 mg/l

Tableau N° 21 : les résultats de l'ammonium D'OUED M'ZI

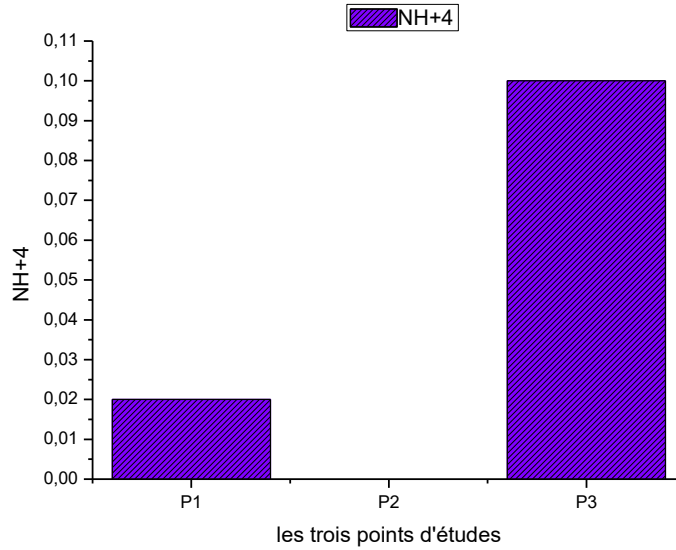


Figure N° 26 : Variations de de l’ammonium au niveau des points étudiés

I.17. Fère (Fe²⁺) :

Le Fère varie entre 0.02 mg/l et 0.01 mg/l, avec des moyennes de 0.02 mg/l (S1), 0.01 mg/l (S2) et 0.02 mg/l (S3).

Stations	P1	P2	P3
Nitrite	0.02 mg/l	0.01 mg/l	0.02 mg/l

Tableau N° 22 : les résultats de Fère D'OUED M'ZI

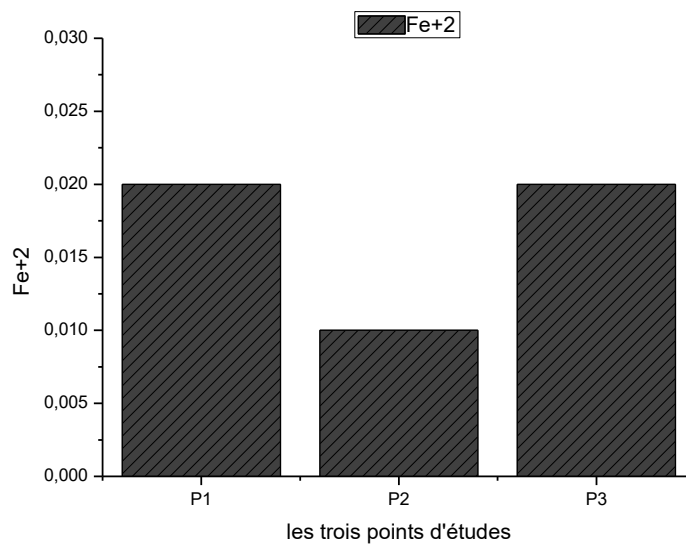


Figure N° 27 : Variations de de Fère au niveau des points étudiés

II. Les résultats des analyses bactériologiques :

Les paramètres	Point1	Point2	Point3
Germes Totaux	+	+	+
Coliforme Totaux	+	+	+
Coliforme Fécaux	+	+	+
Streptocoques fécaux	+	+	+
E.coli	+	+	+
Clostridies Sulfito-Réducteur	+	+	+

Tableau N° 23 : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau étudié en degré 22C°



Figure N° 28 : Recherche des résultats des bactéries de l'eau à 37C°

DISCUSSION :

Les résultats de la surveillance des paramètres physiques et chimiques de l'eau dans les différentes stations indiquent que les variations de température pourraient s'expliquer par les différences d'exposition au soleil ou d'ombrage entre les stations, ainsi que par la profondeur et le débit de l'eau.

Le point P3 semble être légèrement plus chaude en moyenne, ce qui pourrait indiquer une exposition plus directe au soleil ou une influence anthropique (comme le rejet d'eaux usées plus chaudes).

Souvent associés à des carbonates et bicarbonates, qui sont des composés basiques par nature.

La dureté de l'eau est influencée par la présence de cations divalents tels que Ca^{2+} et Mg^{2+} , souvent associés à des carbonates et bicarbonates, qui sont des composés basiques par nature. Les résultats montrent que l'eau est légèrement dure.

Ainsi, plus la concentration de ces sels est élevée, plus l'alcalinité (la capacité de l'eau à résister aux variations du pH) augmente.

La constance des valeurs de dureté totale indique une uniformité dans la composition minérale de l'eau dans les différentes stations.

- Eau dure → Alcalinité élevée
- Eau douce → Alcalinité faible ou modérée

Les valeurs de pH montrent que l'eau est acide, Cela indique une augmentation de la concentration des ions hydrogène (H^+) dans l'eau. Cette diminution du pH peut résulter de plusieurs facteurs naturels ou anthropiques, tels que les précipitations acides, la décomposition de la matière organique qui libère du dioxyde de carbone (CO_2) réagissant avec l'eau pour former l'acide carbonique (H_2CO_3), ou encore le lessivage des polluants industriels et agricoles riches en composés acides comme les sulfates et les nitrites. Une baisse du pH affecte négativement la qualité de l'eau et l'équilibre biologique des milieux aquatiques, car elle peut provoquer la dissolution des métaux lourds tels que le fer, le manganèse et le cuivre, augmentant ainsi leur toxicité et leur dangerosité pour les organismes vivants (Sawyer et al., 2003).

La diminution du niveau de salinité observée dans la vallée de l'Oued M'Zi serait probablement liée à l'apport important des eaux pluviales, qui provoquent une dilution des sels

dissous dans le cours d'eau. Cette baisse de salinité pourrait favoriser le développement des organismes aquatiques, notamment des algues vertes, dont la prolifération excessive réduit la pénétration de la lumière solaire et diminue l'aération du milieu aquatique. Ces conditions entraînent souvent une baisse de l'oxygène dissous, mettant ainsi en péril la survie d'autres organismes aquatiques et perturbant l'équilibre écologique du système (**Wetzel, 2001**)

Selon les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la consommation d'eau contenant des matières en suspension (MES) n'est pas conseillée, car ces particules peuvent transporter des microorganismes pathogènes et réduire la qualité physico-chimique de l'eau. En général, une concentration d'environ 30 mg/L de MES dans les eaux de surface est considérée comme normale et acceptable, tandis qu'une valeur supérieure à 70 mg/L indique un niveau de pollution élevé. Dans notre étude, les résultats montrent des valeurs dépassant 70 mg/L, ce qui classe l'eau analysée parmi les eaux polluées selon les critères de l'OMS. (**Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2017).**)

Les résultats d'analyse des eaux du cours d'eau montrent que la teneur en fer (Fe^{2+}) varie entre 0.01 et 0.02 mg/L, ce qui reste inférieur à la valeur guide recommandée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour l'eau potable (0.3 mg/L). Ces concentrations faibles traduisent une faible dissolution des minéraux ferrugineux ou une bonne oxygénation du milieu, limitant ainsi la solubilité du fer sous forme ferreuse.

Concernant le magnésium (Mg^{2+}), les valeurs observées, comprises entre 12.6 et 46.5 mg/L, reflètent une minéralisation naturelle liée à la dissolution des roches dolomitiques ou magnésiennes présentes dans le bassin versant. Des concentrations similaires ont été rapportées par **Khadraoui et al. (2018)** dans les eaux superficielles du Nord de l'Algérie.

Quant au calcium (Ca^{2+}), les concentrations mesurées (entre 152 et 232 mg/L) indiquent une eau dure à très dure, ce qui s'explique par la présence de formations calcaires (calcite, gypse) dans la région. Ces teneurs élevées sont caractéristiques des zones arides à substrat carbonaté, comme l'ont montré **Bencheikh et al. (2016)** dans leur étude sur les eaux du Sahara septentrional.

Globalement, ces résultats témoignent d'une minéralisation importante influencée principalement par la nature géologique du bassin et les processus de dissolution des carbonates et des silicates.

Les résultats obtenus montrent que la turbidité des eaux du cours d'eau varie entre 0.98 et 10.2 NTU, des valeurs qui indiquent une variation modérée de la charge en matières en suspension. Selon les Directives de l'Organisation mondiale de la santé (**OMS, 2017**), une eau présentant une turbidité inférieure à 5 NTU est considérée comme claire et de bonne qualité visuelle, tandis que des valeurs supérieures traduisent la présence accrue de particules colloïdales, d'argiles, de limons, ou de matières organiques en suspension.

Les valeurs observées les plus élevées (jusqu'à 10.2 NTU) peuvent être attribuées à une érosion du sol et un ruissellement intense après les précipitations, favorisant le transport des particules solides vers le lit du cours d'eau. Des résultats similaires ont été rapportés par **Boudoukha et al. (2018)** dans les zones semi-arides du Nord de l'Algérie, où les épisodes pluvieux augmentent fortement la turbidité des eaux superficielles.

De plus, **El Mountassir et al. (2019)** ont montré que la turbidité dans les oueds des régions arides est fortement corrélée à la teneur en matières organiques et à l'activité anthropique (rejets agricoles ou domestiques). Ces fluctuations de turbidité influencent directement la pénétration de la lumière, la photosynthèse et la qualité écologique globale du milieu aquatique.

Les faibles concentrations de nitrites observées traduisent un faible niveau de pollution organique. En effet, les nitrites (NO_2^-) constituent généralement un indicateur de pollution récente, car ils représentent un intermédiaire instable dans le processus de nitrification. Dans des conditions aérobies, ils sont rapidement oxydés en nitrates (NO_3^-) par l'action des bactéries nitrifiantes, ce qui explique leur faible présence dans les eaux peu contaminées. (**Chapman, 1996**).

Les nitrites (NO_2^-) constituent généralement un indicateur de pollution récente, car ils sont des composés instables qui résultent de l'oxydation partielle de l'ammonium (NH_4^+). Sous des conditions aérobies, ils sont rapidement convertis en nitrates (NO_3^-) par l'action des bactéries nitrifiantes telles que *Nitrobacter*, ce qui explique leur faible persistance dans les milieux aquatiques bien oxygénés (**Sawyer et al., 2003**).

Les analyses chimiques réalisées sur les eaux du cours d'eau montrent que la concentration en bicarbonates (HCO_3^-) est identique dans les trois points d'échantillonnage, ce qui suggère une homogénéité géochimique du milieu. Cette stabilité reflète probablement une origine commune des apports hydriques, principalement issue de la dissolution des carbonates (calcite et dolomie) présents dans la géologie locale. Des observations similaires ont été rapportées par

Benblidia et al. (2017) dans les oueds du centre de l'Algérie, où la teneur en HCO_3^- reste relativement constante d'un point à un autre.

Concernant les chlorures (Cl^-), les valeurs mesurées, comprises entre 142 et 227 mg/L, indiquent une minéralisation relativement élevée. Les chlorures proviennent essentiellement de la dissolution des sels halites (NaCl) ou de l'influence d'infiltrations d'origine anthropique, notamment les rejets domestiques et agricoles. **Boudoukha et al. (2018)** ont montré que dans les régions semi-arides, les concentrations élevées en Cl^- traduisent souvent un phénomène d'évaporation intense et une accumulation des sels dans le sol et les eaux superficielles.

Quant aux sulfates (SO_4^{2-}), dont les valeurs varient entre 182.04 et 272 mg/L, elles traduisent une forte minéralisation d'origine géologique, généralement due à la dissolution du gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ou de l'anhydrite. Des résultats similaires ont été obtenus par **Achour et al. (2019)** dans les nappes et cours d'eau du Sahara septentrional, où les sulfates sont dominants à cause de la nature gypseuse des terrains traversés.

Ainsi, la combinaison de ces trois ions majeurs (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}) indique que la chimie de l'eau est fortement contrôlée par l'interaction eau-roche, amplifiée par les conditions climatiques arides et les processus d'évaporation caractéristiques de la région de Laghouat.

Pour l'analyse bactériologique des eaux d'oued M'zi qui indique la présence de coliformes totaux dans les eaux souterraines peut avoir plusieurs significations dont la croissance bactérienne et une déficience ou une absence de traitement (**Williams et al. 2004**).

La présence des coliformes fécaux thermo-tolérants, démontre l'existence d'une contamination fécale d'une eau. La présence d'*Escherichia coli*, indiquant ainsi une pollution fécale récente (**OMS, 2004**), Tout en sachant qu'*Escherichia coli*, est une espèce des Entérobactéries thermotolérantes capable de dégrader le tryptopHane en indole. Elle est considérée comme germe dominant de la flore intestinale des animaux sangs chauds et en particulier les humains, et représente 1 % de la biomasse microbienne (**Ayed, 2016**).

Les streptocoques fécaux sont des aérobies anaérobies facultatifs faisant partie des indicateurs de contamination fécale mais plus résistants dans le milieu extérieur que les coliformes. Ils sont éliminés dans les excréments des animaux dans les pâturages à la surface du sol, puis transportés à travers le sol dans les eaux des rivières, les lacs et les eaux souterraines (**Hamed et al. 2012**).

Pour les Clostridium Sulfito-réducteurs sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent donc un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (**Hamed et al. 2012**).

Concernant l'eau potable, cette contamination serait due essentiellement à plusieurs facteurs de variation sur l'environnement des sources et des forages. Nous avons constaté à travers cette analyse, que certains sites étudiés ont enregistré des pollutions en se basant sur des indicateurs de contamination fécale.

CONCLUSION :

L'étude de la qualité physico-chimique et biologique des eaux de l'Oued M'Zi, situé dans la région semi-aride de Laghouat, a permis de dresser un diagnostic complet de l'état écologique de ce cours d'eau et de mieux comprendre les interactions entre les facteurs naturels et anthropiques qui influencent son évolution. Les résultats obtenus mettent en évidence une variabilité spatio-temporelle marquée des paramètres physico-chimiques tels que le pH, la conductivité électrique, la teneur en oxygène dissous, les concentrations en ions majeurs (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) ainsi que la charge organique. Ces variations traduisent directement l'effet combiné des conditions climatiques, notamment l'aridité et l'évaporation intense, et des activités humaines croissantes dans la région, telles que l'agriculture irriguée, le rejet des eaux usées domestiques et les prélèvements hydriques non contrôlés.

Sur le plan biologique, l'analyse de la diversité et de la structure des macros invertébrées benthiques a confirmé un déséquilibre écologique perceptible. La diminution de la richesse spécifique et la prédominance d'espèces tolérantes à la pollution organique témoignent d'une altération progressive de la qualité biologique de l'eau. Ces observations rejoignent les tendances observées dans d'autres oueds des zones arides d'Algérie, où la pression anthropique et les épisodes de sécheresse prolongée favorisent la dégradation des habitats aquatiques naturels.

Ces constats soulignent la nécessité de mettre en œuvre une gestion intégrée et durable des ressources en eau dans la région de Laghouat. Une telle approche devrait inclure :

- le renforcement des systèmes de surveillance régulière de la qualité physico-chimique et biologique des eaux ;
- la mise en place d'unités locales de traitement des eaux usées avant leur déversement dans le milieu naturel ;
- la sensibilisation des populations locales et des agriculteurs à l'usage raisonné des engrais et pesticides ;
- ainsi que la restauration écologique des berges de l'Oued M'Zi, en vue de limiter l'érosion et de favoriser la recolonisation par des espèces végétales autochtones.

Par ailleurs, cette étude montre que la protection de l'Oued M'Zi n'est pas seulement un enjeu environnemental, mais aussi un impératif socio-économique. En effet, ce cours d'eau

constitue une ressource vitale pour l'irrigation, l'élevage et parfois même pour l'approvisionnement domestique. Sa dégradation progressive risquerait d'accentuer la vulnérabilité hydrique des populations locales et de compromettre le développement durable de la région.

Sur le plan scientifique, les résultats obtenus fournissent une base de données de référence utile pour le suivi à long terme de la qualité de l'eau et pour la planification de futures recherches. Il serait souhaitable que des études ultérieures approfondissent certains aspects encore peu explorés, notamment :

- la modélisation de l'évolution de la qualité de l'eau en fonction des scénarios climatiques futurs ;
- l'évaluation de la bioaccumulation des métaux lourds dans la faune aquatique ;
- et l'analyse des liens entre la structure du peuplement biologique et la dynamique saisonnière des paramètres physico-chimiques.

En conclusion, l'Oued M'Zi représente un écosystème à la fois fragile et essentiel, dont la préservation requiert une action concertée entre les institutions publiques, les chercheurs et la société civile. Seule une stratégie de gestion intégrée, associant connaissance scientifique, gouvernance locale et sensibilisation communautaire, permettra d'assurer la pérennité et la qualité de cette ressource hydrique indispensable à la région de Laghouat.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIE :

Achour, H., Bendaoud, A., & Kazi-Tani, N. (2007). Structure géologique et évolution morphologique de l'Atlas saharien central (Algérie). *Revue des Sciences de la Terre et de l'Environnement*, 2(1), 45–56.

Achour, S., Bencheikh, A., & Hamed, Y. (2019). Hydrochimie et minéralisation des eaux du Sahara septentrional algérien. *Journal of African Earth Sciences*, 160, 103635.

Algéo (Alger GéopHysique). (1997) . Etude GéopHysique Dans La Plaine De Guelma. Rapport Interne, 28 p.

ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques). (2015). État des ressources en eau dans les régions arides d'Algérie. Rapport technique, Alger.

Ayed, W. (2016). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouche Thèse de doctorat en Sciences. Université 20 Août, Skikda, p156.

Baron, S. (1996). Medical Microbiology. 4th edition. University of Texas Medical Branch, Galveston.

Belhadj M., (2017). Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda. Thèse, Université Mohamed Khider Biskra, Algérie.

Belhadj, H. (2018). Étude pédologique et caractérisation des sols arides du Sud algérien : cas de la wilaya de Laghouat. Mémoire de Magister, Université Amar Telidji, Laghouat.

Benblidia, C., Achour, S., & Hamed, Y. (2017). Étude hydrochimique et origine de la minéralisation des eaux de surface dans la région du centre algérien. *Larhyss Journal*, 31, 45–58.

Bencheikh, A., Achour, S., & Hamed, Y. (2016). Étude hydrochimique et qualité des eaux souterraines du Sahara septentrional algérien. *Journal of Water and Land Development*, 31(1), 13–22.

Bensaïd, A. (1995). Géomorphologie et structures du Sahara septentrional. Publications de l'Université d'Alger, Département des Sciences de la Terre.

Bensaoula F., Adjim M., Bensalah M., (2007). L'importance des eaux karstiques dans l'approvisionnement en Eau de la population de Tlemcen. *Larhyss Journal*, N°06, 57-64p.

- Boeglin J., (2006).** Propriétés des Eaux Naturelles dans : Techniques de L'ingénieur W1 : Technologie des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap.G1 110, 1-8p
- Boeglin J.C. (2009).** Propriétés des eaux naturelles, Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1, 110p
- Boeglin J-C. (2001).** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G 1110.
- Bouamar, B., Boudoukha, A., & Derriche, Z. (2007).** Évaluation de la qualité pHydro-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la région de Biskra (Algérie). Larhyss Journal, 6, 5–18.
- Boudoukha, A., Khadraoui, A., & Mebarki, A. (2018).** Caractérisation pHydro-chimique des eaux de surface dans les régions semi-arides d'Algérie. Revue des Sciences de l'Eau, 31(3), 225–238.
- Bouguerra, S. (2010).** Hydrologie et gestion des ressources en eau dans les zones semi-arides d'Algérie. Thèse de doctorat, Université de Tlemcen.
- Bourrier, M., & Selmi, T. (2010). Qualité des eaux superficielles : paramètres pHydro et chimiques. Revue des Sciences de l'Eau, 23(3), 233–245.
- Carip, E., Boughrara, M., & Djemel, A. (2015).** Étude microbiologique des eaux de consommation : identification des Streptocoques et coliformes. Revue Algérienne de Biologie, 9(1), 55–64.
- Chapman, D. (1996).** Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring (2nd ed.). UNESCO/WHO/UNEP.
- CNTS (Centre National des Techniques Spatiales). (2016).** Utilisation de la télédétection pour la caractérisation des sols arides de la région de Laghouat. Publication scientifique, Arzew.
- Cornet, A. (2002).** Le Sahara : Milieu pHydro et aménagement du territoire. CNRS Éditions, Paris.
- Dajoz R., 1982.** Précis d'écologie.4ème édition, Gauthier Villars, p : 525.
- Degremont G., (2005).** Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10ème édition, Edit. Tec et doc, PP: 3- 38
- Desjardins R., (1997).** Le traitement des eaux, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2ème édition, Québec, Canada, PP : 46-112.

Eden, P. (2014). Microbiology of Waterborne Pathogens: Coliforms and E. coli. *Journal of Environmental Health*, 76(8), 24–30.

El Mountassir, O., Chikhaoui, M., & Bouchaou, L. (2019). Variabilité spatio-temporelle de la turbidité et qualité physico-chimique des eaux de surface dans les zones arides du sud du Maroc. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 13(4), 145–155.

Festy B., Hartemann P., Ledrans M., Levallois P., Payment P., Tricard, D. (2003). Qualité de l'eau. *Environnement et Santé publique-Fondements et Pratiques*, 333-368p.

Genin B., Cauvin C. et Menarod-Educagris F., (2003). Cours d'eau et indice biologique. Pollution. Méthodes IBGN ; édition educagris.

Guerd H., Mesghouni A., (2007). Performance de la station de dessalement des eaux dans la région d'El-Oued. Mémoire de fin d'étude : Supérieures en Biologie : Université Kasdi Merbah-Ouargla, 67p.

Guermah, H., & Tadjadit, F. (2017). Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de surface contaminées par l'ammonium dans la région de Sétif (Algérie). *Revue des Sciences de l'Environnement*, 8(2), 99–108.

Guermah, R., & Tadjadit, M. (2017). Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la région de Laghouat (Algérie). *Larhyss Journal*, 29, 117–132

Gueroui, M. (2015). Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines dans la région de Laghouat (Algérie). Mémoire de Master, Université Amar Telidji de Laghouat.

Gueroui, Y. (2015). Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation dans la région de Tlemcen (Algérie). Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.

Hamed, M et Guettache, A et Bouamer, L. (2012). Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du Barrage Djorf-Torba Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie, Université des Sciences et Technologies Béchar, Béchar, Algérie, p18.

Hütter, R. (1988). La pollution de l'eau et son traitement. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.

INRAA (Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie). (2013). Étude pédologique et cartographie des sols du Sud algérien. Rapport interne, Alger.

Kahoul M., (2017). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouch (Wilaya de Skikda). Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar-Annaba. 03p

Khadraoui, A., Boudoukha, A., & Mebarki, A. (2018). Hydrochimie et qualité des eaux de surface dans les régions semi-arides d'Algérie. *Revue des Sciences de l'Eau*, 31(2), 135–147.

Lassoued K., Touhami N (2008). Contribution à l'étude de la Qualité microbiologique de l'eau du Barrage de Hammam Debagh. Mémoire diplôme d'ingénieur. Université 8 Mai 45. Guelma. 20, 21, 44 p

Lefebvre, G. (1993). Chimie de l'eau et traitement des eaux. Éditions Techniques et Ingénierie, Paris.

Legube, B. (2015). Chimie et qualité de l'eau. Presses de l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers (ENSIP), France.

Legube, B. (2015). Qualité de l'eau et traitement : notions fondamentales. Éditions Tec & Doc, Paris.

Mainguet, M. (1999). Aridité, désertification et gestion des ressources naturelles : le cas du Maghreb et du Sahara. Masson, Paris.

Makhouk, M., Fakir, Y., & El Mandour, A. (2011). Caractérisation hydrochimique des eaux souterraines et identification des sources de pollution. *Revue Afrique Science*, 7(2), 23–39.

Makhouk, M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Van Clooster, M. (2011). Étude de la qualité physico-chimique des eaux de surface dans le bassin de la Moulouya (Maroc oriental). ScienceLib Editions Mersenne, 3, 1–19.

Mendonça, A., Vieira, A., & Furtado, A. (2020). Assessment of physicochemical and microbiological parameters of surface waters: implications for environmental monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 235.

Mendonca, S., Silva, A., & Pereira, C. (2020). Microbiological Quality of Drinking Water: Evaluation and Monitoring. *Water Research Journal*, 184, 116–129.

Myrand D., (2008). Guide technique : captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, Québec, P04.

Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEFP) (2003). L'eau souterraine, Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, 31p .

OMS. (2004). Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, p1050.

Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2017). Directives de qualité pour l'eau de boisson : quatrième édition, intégrant le premier additif. Genève : OMS.

Rejsek, F. (2002). Analyse microbiologique des eaux et indicateurs de contamination. Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France, 155(4), 289–300.

Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (2009). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9e édition, Dunod, Paris.

Roux J., (1990). Les Secrets De La Terre : L'eau Source de Vie. Editions De Brgm, Orléans Et La Compagnie du Lierne, Paris.64p.

Saïnou, A., Biaou, C., & Alassane, A. (2019). Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits : cas de la ville de Parakou (Bénin). Journal of Applied Biosciences, 138, 14047–14057.

Salghi R., (2005). Différentes filières de traitement des eaux, cours préparés, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc.

Sawyer, C.N., McCarty, P.L., & Parkin, G.F. (2003). Chemistry for Environmental Engineering and Science (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Tridi Ch., Far M., (2020). Etude de la qualité physico-chimique des sources d'eau souterraine de la wilaya d'el Taref (nord-est algérien). Mémoire Fin d'étude. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.

Wetzel, R.G. (2001). Limnology: Lake and River Ecosystems (3rd ed.). Academic Press.

Williams, M et al. (2004). Phylogenetic diversity of aqueous microorganisms separated after the advanced tertiary of tap water. Vol 36, p184–189.

Zeghaba, A., Boudoukha, A., & Semar, A. (2018). Caractérisation hydrochimique et géochimique des eaux souterraines du bassin de Djelfa (Algérie). *Larhyss Journal*, 35, 129–146.

ANNEXES

Tableau I : Normes des paramètres pHysiques-chimiques

Les paramètres pHysicochimiques	Unité	Les normes Algériennes
Température	C°	30
pH	/	6.5 – 9.5
Conductivité électrique	μS/cm	2800
Matière en suspension	Mg/l	30
Nitrate	Mg/l	50
Nitrite	Mg/l	0.2
TDS	Mg/l	1000
Alcalinité	Mg/l	1000
Dureté totale	Mg/l	200