

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université « MOULOUD MAMMERY » de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences biologiques et agronomiques
Département d'écologie et environnement



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en écologie et environnement.
Spécialité : Biodiversité et environnement.

Thème

**Analyse physico-chimique et bactériologique de
l'eau de source TIZI TGHIDET au niveau de la
commune de Yakourene dans la région de Tizi-
Ouzou**

Présenté par :

M^{elle} : AMOKRANE NADIA

M^{elle} : MOKHTARI AKILA

Évalué par le jury composé de :

Présidente : M^{me} Chaouchi-Talimat.N

M.C.A

U.M.M.T.O

Promotrice : M^{me} Lardjane.N

Professeur

U.M.M.T.O

Examineur: M^r Mezani.S

M.C. A

U.M.M.T.O

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

*Nous tenons tous particulièrement à adresser nos remerciements d'abord à notre promotrice Madame **LARDJANE N.**, Professeure à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou qui nous ont fait l'honneur de diriger notre mémoire sur un sujet passionnant et nous a guidée tout au long de son élaboration.*

Nous tenons également à remercier les membres de jury : Mme Chaouchi-Talimat.N et Monsieur MEZANIS, Maitres de Conférences classe A à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance et tous les professeurs de département d'écologie et Environnement.

*Nous adressons nos sincères remerciements à Madame **LADJEL S.**, de nous avoir bien accueilli dans son laboratoire et pour la confiance et l'aide qu'elle nous a accordées, ainsi que toute l'équipe du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux, unité de Boukhalfa Tizi-Ouzou.*

Nous tenons à remercier tout les enseignants qu'on a eu durant notre parcours universitaire ainsi à l'ensemble du personnel travaillant à la bibliothèque qui ont contribués à faire de nous un tel succès et d'avoir construit de nous ce que l'on est aujourd'hui.

Enfin, il nous y est fort agréable d'exprimer nos remerciements les plus sincères à nos parents, familles, amis(es) et aux nombreuses personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la bonne réalisation de ce travail...

Dédicaces

Avant tous, je remercie dieu le tout puissant
De m'avoir donné le courage et la patience pour réaliser
Ce travail malgré les difficultés rencontrées.

Je dédie ce modeste travail ;

A la mémoire de mon père que Dieu garde

Son âme dans son vaste paradis

A ma très chère maman, que dieu la garde et la
Protège pour son soutien moral et financier, pour
Son encouragement et sacrifices qu'elle a enduré.

A toutes mes sœurs.

A ma chère binôme AKILA

Aux chers amis (es)

A tous ce que j'aime et qui m'aiment

A tous mes collègues d'études surtout ceux de Biodiversité et Environnement.

Nadia

Dédicace

Je remercie ALLAH qui m'a guidé sur la bonne voie de la science et de la connaissance et qui m'a donné la volonté pour accomplir ce travail que je dédie
A la lumière de ma vie, la source de mon bonheur ma mère qui m'as toujours comblé de tendresse et d'affection tout au long de mon parcours, sans sa compréhension, et ses précieux conseils et sa volonté je ne pourrais jamais être la, autant de phrases expressives ne peuvent montrer le degré d'amour que j'éprouve pour toi je t'aime maman et je peux que te souhaiter avec affectueusement une heureuse et longue vie avec nous.

A mon très chère regretté père tu as longtemps veillé sur mon bonheur et ton amour m'a toujours guidé. J'espère que tu serais toujours fier de moi, et que dieu t'accueille en son vaste paradis je t'aime papa.

A mes frères, ainsi que mes sœurs SAMIA, MALHA et REBIHA
A ma chère binômes NADIA et sa famille je te dis merci infiniment pour ton aide, et pour votre unique amitiés et d'avoir assisté aux moments inoubliables de ma vie.

A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour l'élaboration de mon projet et toute la promotion 2021/2023

Akila

ADE : Algérienne Des Eaux.

DBO : Demande biochimique en oxygène.

DC : Double concentré.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DO : Oxygène dissous.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

MgCl₂ : Chlorure de magnésium.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

SC : Simple concentré.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

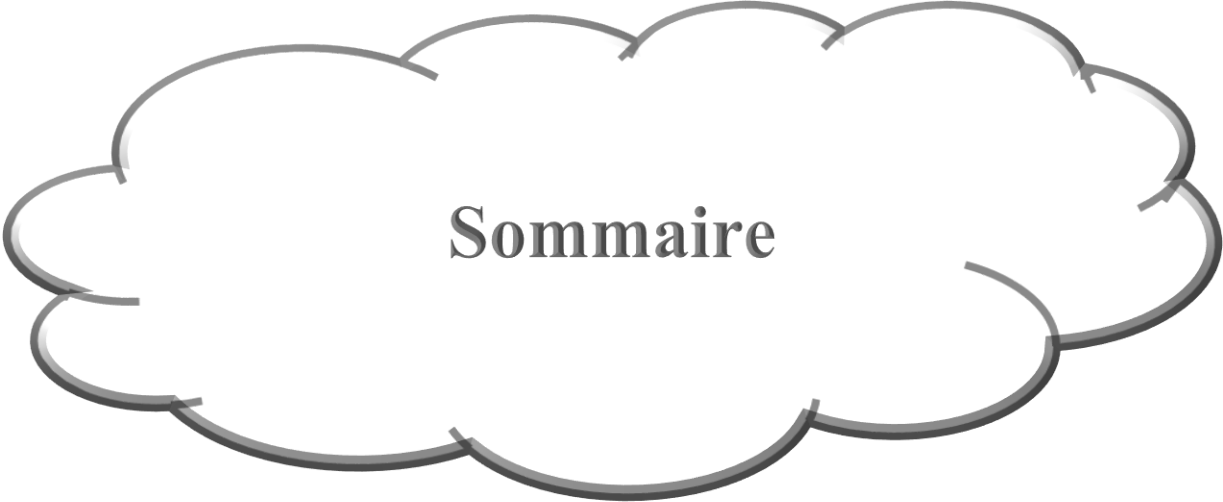
TSD : Total des solides dissous.

UV : Ultraviolet.

Tableau 1 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique	8
Tableau 2 : Classification des eaux en fonction de la dureté totale	8
Tableau 3 : Rapport entre les solides dissous et la sapidité de l'eau	9
Tableau 4 : Qualité de l'eau en fonction de la turbidité	9
Tableau 5 : Potabilité de l'eau en fonction des résidus secs	10
Tableau 6 : Rapport entre la conductivité électrique et la minéralisation	10
Tableau 7 : Présentation des différentes maladies à transmission hydrique en Algérie	20
Tableau 8 : Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques .	26
Tableau 9 : Milieux de culture utilisés pour l'isolement des germes dans l'eau à analyser	27
Tableau 10 : Résultats des analyses bactériologiques de la source d'eau TIZI TGHIDET	54

Figure 1 : Source d'eau TIZI TGHIDET	21
Figure 2 : Localisation satellite de la source d'eau TIZI TGHIDET (Google earth, 2023)	21
Figure 3 : Couvert végétal.....	22
Figure 4 : Echantillon du sol.....	23
Figure 5 : Autoclave et flacons utilisés pour les prélèvements physico-chimiques et bactériologiques.....	25
Figure 6 : Rampe de filtration.....	27
Figure 7 : Conductivimètre	28
Figure 8 : pH-mètre	29
Figure 9 : Turbidimètre TL2300	29
Figure 10 : Dosage volumétrique du calcium.....	30
Figure 11 : Dosage de l'alcalinité	32
Figure 12 : Dosage des chlorures	33
Figure 13 : Dosage de l'ammonium	34
Figure 14 : Dosage des nitrites	35
Figure 15 : Milieu CCA pour l'incubation des Coliformes totaux et fécaux	37
Figure 16 : Milieu BCPL pour la recherche des coliformes fécaux et E.coli	38
Figure 17 : Milieu SLANETZ pour l'incubation des Streptocoques	39
Figure 18 : Recherche des streptocoques dans le bouillon Roth	40
Figure 19 : les valeurs de la température dans les différentes sources étudiées dans la région de Tizi Ouzou.....	43
Figure 20 : les valeurs du pH dans les différentes sources étudiées dans la région de Tizi Ouzou.....	44
Figure 21 : les valeurs de la conductivité dans les différentes sources étudiées dans la région de Tizi Ouzou.....	45
Figure 22 : les valeurs de la conductivité dans les différentes sources étudiées dans la région de Tizi Ouzou.....	46
Figure 23 : les valeurs du Calcium (Ca^{2+}) dans les différentes sources étudiées dans la région de Tizi Ouzou.....	47
Figure 24 : les valeurs du Calcium (Ca^{2+}) dans les différentes sources étudiées dans la région de Tizi Ouzou.....	48
Figure 25 : les valeurs du TA dans les différentes sources étudiées dans la région de Tizi Ouzou.....	49

Figure 26 : les valeurs de TAC dans les différentes sources analysées dans la région de Tizi Ouzou.....	50
Figure 27 : les valeurs de Chlorures dans les différentes sources analysées dans la région de Tizi Ouzou.....	51
Figure 28 : les valeurs de d'Ammonium dans les différentes sources analysées dans la région de Tizi Ouzou.....	52
Figure 29 : les valeurs de nitrates dans les différentes sources analysées dans la région de Tizi Ouzou.....	53
Figure 30 : les valeurs de nitrites dans les différentes sources analysées dans la région de Tizi Ouzou.....	54



Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Généralités sur l'eau	
1 Définition de l'eau	3
2 Cycle de l'eau	3
3 Propriétés de l'eau naturelle	4
3.1 Propriétés physiques.....	4
3.2 Propriétés chimiques	4
3.3 Propriétés biologiques.....	5
4 Eaux de sources	5
4.1 Différents types de sources	5
4.2 Traitement de l'eau de source	6
5 Eau potable	6
6 Paramètres et qualité d'une eau potable	7
6.1 Paramètres organoleptiques	7
6.2 Paramètres physico-chimiques	7
6.3 Paramètres chimiques	10
6.4 Paramètres indésirables	12
6.5 Paramètres de toxicité.....	13
6.6 Paramètres de pollution	14
6.7 Paramètres bactériologiques.....	18
7. Maladies à transmission hydrique	19
Chapitre II : Matériels et méthodes	
1- présentation de la zone d'étude	21
1.1 Situation géographique de la source Tizi Tghidet	21
1.2 Situation climatique	22
1.3 Couvert végétal	22
1.4 La pédologie.....	23
2. Matériels et méthodes	23
2.1 Echantillonnage	23
2.1.1 Echantillonnage pour l'analyse physico-chimique.....	24
2.1.2 Echantillonnage pour l'analyse bactériologique	24
2.1.3 Transport et conservation des échantillons à analyser	25

2.2 Analyse des échantillons	26
2.2.1 Analyses physico-chimiques	26
2.2.2 Analyses bactériologiques	26
2.3 Dosage des paramètres physico-chimiques.....	28
2.3.1 Température	28
2.3.2 Potentiel d'hydrogène (pH)	28
2.3.3 Conductivité électrique	29
2.3.4 Turbidité	29
2.4 Dosage des paramètres chimiques.....	30
2.4.1 Paramètres de minéralisation globale.....	30
2.5 Dosage des paramètres de pollution.....	33
2.5.1 Ammonium	33
2.5.2 Nitrates	34
2.5.3 Nitrites	35
2.6 Dénombrement des bactéries	36
2.6.1 Dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux (<i>Escherichia coli</i>)	36
2.6.2 Dénombrement des streptocoques	38
 Chapitre III : Résultats et discussion 	
1 Résultats des analyses organoleptiques.....	42
1.1 Couleur.....	42
1.2 Odeur.....	42
1.3 Goût	42
2 Résultats des analyses physico-chimiques.....	42
2.1 Température	42
2.2 pH	43
2.3 Conductivité électrique à 20 °C.....	44
2.4 Turbidité	45
3 Résultats des analyses chimiques	46
3.1 Résultats des paramètres de minéralisation globale	46
3.1.1 Dureté calcique.....	46
3.1.2 Dureté magnésienne.....	47

3.1.3 Titre alcalinimétrique	48
3.1.4. Titre alcalinimétrique complet	49
3.1.5 Chlorure.....	50
3.2 Résultats des paramètres de pollution.....	51
3.2.1 Ammonium	51
3.2.2 Nitrates	52
3.2.3 Nitrites	53
4 Résultats des analyses bactériologiques.....	54
4.1 Coliformes totaux	55
4.2 Coliformes fécaux (<i>E. coli</i>)	55
4.3Streptocoque fécaux	55
Conclusion.....	56
Références bibliographiques.....	58
Résumé	



Introduction

L'eau est d'une importance biologique et économique capitale. L'hydrosphère est le fondement de la vie et des équilibres écologiques. L'eau est à la fois un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industrielle, énergétique et agricole, et un moyen de transport (HENRI, 2012). Le thème de l'eau est l'un des plus importants en ce début du XXI^e siècle car, au fur et à mesure que la population de la terre augmente, la demande en eau s'accroît. Or l'eau est une ressource qui n'est pas aussi inépuisable qu'il apparaît, et l'on constate de plus en plus des déséquilibres entre les quantités disponibles et la consommation par l'Homme (ROUGIER et WACKERMANN, 2009). L'accès à une eau de boisson saine est une condition indispensable à la santé, un droit humain élémentaire et une composante clé des politiques efficaces de protection sanitaire (ANONYME, 2004).

Une eau destinée à la consommation humaine est potable, lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et biologiques susceptibles à plus ou moins long terme à la santé des individus (JOHN et DONALD, 2010). En effet dès le XIX^e siècle, le souci de protection de la santé publique avait montré la nécessité de préserver les ressources et de maintenir la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (REJSEK, 2002). L'eau contaminée est insidieuse, malheureusement, on ne détecte souvent la contamination de l'eau de boisson qu'après une crise sanitaire qui entraîne des pertes de vies humaines et qui devient un lourd fardeau pour l'Etat, pour le coût de la prise en charge thérapeutique des maladies à transmission hydrique.

L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure qui concerne tous les pays du bassin méditerranéen. Le changement climatique et la croissance urbaine et démographique attendus dans la région, risquent d'aggraver la situation de stress hydrique. En Algérie, plusieurs facteurs peuvent expliquer la situation de ce stress : croissance démographique, évolution de la demande en eau ... ainsi les ressources limitées, vulnérables et inégalement réparties. Face à cette situation, les ressources en eau ne suffiront pas à long terme. Par conséquent, l'Algérie est appelée à développer ses capacités en ce qui concerne la maîtrise de l'eau, la bonne estimation de la demande en eau offre une meilleure gestion des ressources.

L'objectif de notre travail est l'analyse de quelques paramètres physico-chimiques et Bactériologiques d'une source TIZI TGHIDET à Yakourene dans le but d'évaluer sa potabilité et de prouver l'efficacité de cette eau pour le traitement des calculs rénaux. Les analyses d'échantillons d'eau ont été effectuées au niveau du laboratoire de contrôle de qualité et de conformité SABRINNEL (wilaya Alger).

Pour mener à terme cette étude nous avons structuré notre travail en deux parties :

- La première partie : qui comporte un seul chapitre : consacré aux généralités sur l'eau ;
- La deuxième partie : où nous exposons le matériel utilisé, la méthodologie expérimentale adoptée et les résultats obtenus ainsi que leurs interprétations, et enfin nous terminons par une conclusion avec quelques perspectives.



Chapitre 1
Généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau naturelle

Eau : nom féminin. En latin "aqua" qui est à l'origine du mot aquatique et en grec «hydro" qui donne les mots : hydrique et hydrologie. L'eau est une ressource naturelle renouvelable, elle est biologiquement très importante. L'eau est la substance la plus courante sur la surface de la Terre dont elle occupe environ 70%, il s'agit d'une substance chimique de formule H₂O (Al-Safady, 2010).

L'eau est l'un des éléments fondamentaux de notre planète. Elle couvre près des ¾ de sa surface. La quantité d'eau présente sur Terre est identique depuis 3,5 milliards d'années. Il y'a autant d'eau qui s'évapore que d'eau qui tombe sous forme de précipitations. La fréquence des précipitations et leur quantité sont toutefois très différentes en fonction de la localisation et conditionnent la disponibilité de réserves d'eau douce. Cela implique un accès à l'eau potable très inégal en fonction des différentes zones géographique terrestres. L'eau est par conséquent un bien précieux car très inégalement réparti.

Toute cette eau est présente sur terre sous 3 états :

- Liquide (pluie, brouillard, cours d'eau, lacs, nappes, mers et océans) ;
- Solide (neige, givre, glaces et glaciers) ;
- Gazeux (vapeur d'eau) ;

2. Cycle de l'eau

L'eau circule sans arrêt sur la Terre. Elle s'évapore des océans et y revient sous forme de pluie. Le soleil fait s'évaporer l'eau des rivières, des lacs, des mers, des océans en de fines gouttelettes.

2.1. Composantes du cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est caractérisé par deux composantes interdépendantes : une composante atmosphérique (circulation de l'eau dans l'atmosphère) et une composante terrestre (écoulement de l'eau)

2.1.1. Précipitations

Les précipitations sont des apports d'eau parvenant au sol sous forme liquide (pluie ou rosée) ou solide (neige ou grêle) en provenance directe ou indirecte de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique. Les précipitations (pluie ou neige) sont mesurées à la surface de la terre en millimètres.

2.1.2. Ruissellement

En hydrologie, le ruissellement ou ruissèlement est l'écoulement des eaux à la surface de la terre, notamment la surface des sols, contrairement à celle y pénétrant par infiltration.

2.1.3. Infiltration

L'infiltration est le processus physique par lequel l'eau pénètre dans les sols et alimente les nappes.

2.1.4. Evaporation

L'évaporation est le passage d'un liquide de l'état liquide à l'état gazeux à sa surface, à une température inférieure à la température d'ébullition.

2.1.5. Condensation

La condensation se produit lorsqu'un air chargé en vapeur rencontre une paroi froide. Selon le taux d'humidité dans l'air, la température de la pièce et celle de la paroi, la vapeur va se transformer en eau. C'est la condensation. La plupart du temps, les précipitations ne sont pas pures à cause des gouttes de pluie qui se forment autour de la poussière. Si, par exemple, la pluie et les nuages se forment au-dessus d'une source de pollution industrielle, des contaminants seront inclus dans l'eau de pluie.

3. Propriétés de l'eau naturelle

3.1. Propriétés physiques

L'eau est, par ses propriétés électriques, sa constitution moléculaire et sa polarité, un bon solvant pour les gaz, les composés organiques en particulier les sels minéraux, elle peut dissoudre et conserver tous les processus métaboliques. L'eau a de nombreuses propriétés physiques assez particulières.

3.2. Propriétés chimiques

Une molécule d'eau est composée d'un atome d'oxygène (qui a tendance à attirer deux électrons en se chargeant négativement) et de deux atomes d'hydrogène (qui cèdent facilement des électrons pour se charger positivement) reliés les uns aux autres par des liaisons covalentes (liaisons atomiques). Il s'agit de trois atomes non alignés mais disposés selon un angle de 105° pour former un dipôle électrique qui occupe l'espace d'un tétraèdre (une pyramide) centré sur l'oxygène avec deux pics chargés positivement et deux pics portant une charge négative (BOISLEVE, 2010).

L'eau est une substance qui a une forte propension à dissoudre d'autres éléments. De ce fait, elle peut attaquer les parois d'un récipient qui la contient, sculpter des paysages. Elle peut aussi dissoudre des gaz présents dans l'air comme le gaz carbonique ou l'oxygène (oxygène dissous)

3.3. Propriétés biologiques

L'eau contribue à créer des conditions propices au développement des organismes vivants. Les séries des cycles biologiques d'échange se produisent grâce à l'eau. C'est le composant principal (volume) des organismes vivants, en particulier le protoplasme de toutes les cellules. Elle constitue également la majorité de notre alimentation (70 à 95% de la plupart de nos viandes, fruits et légumes). L'eau joue le multiple rôle de solvant, d'agent de transport et de communication dans les organismes et les cellules. Elle permet à toutes les réactions chimiques du métabolisme de se dérouler aux différents emplacements où elles sont nécessaires. Par conséquent, s'il est clair que « l'eau, c'est la vie », nous devons identifier certaines diverses relations qui existent entre l'eau et les êtres vivants (MOUCHET et ROUSTAN, 2016).

4. Eaux de sources

L'eau de source doit répondre aux normes de consommation au moment de sa production et ne doit subir aucun traitement. Ce sont des eaux d'origine souterraines microbiologiquement saines, protégées de la pollution et propres à la consommation (ROUSTAN, 2014). Elles sont distinguées par leurs natures, caractérisées par leurs teneurs en minéraux, en oligoéléments et autres constituants et par leurs puretés originelles (LACHASSAGNE, 2021).

4.1. Différents types de sources

Selon PHOK (2015), il existe différentes formes de sources d'eaux, qui sont classées en fonction de la structure, du débit, de la température et de la volatilité de la roche mère. Les principaux types de sources sont les suivants :

4.1.1. Sources de pression ou de déversement

Les sources de déversement formées à l'intersection de la surface du sol avec la surface de l'eau souterraine.

4.1.2. Sources de contact

Les sources de contacte sont formées sur une couche peu perméable qui croise la surface de l'eau souterraine avec la surface du sol.

4.1.3. Sources artésiennes ou d'émergence

Les sources d'émergence proviennent des libérations d'eau sous la pression d'aquifères confinés, soit à un affleurement de l'aquifère, soit par une ouverture dans le lit confiné.

4.1.4. Sources en roche imperméable ou d'affleurement

Les sources d'affleurement se produisent dans les canaux tubulaires ou dans les fractures de la roche imperméable.

4.2. Traitement de l'eau de source

La gestion de la ressource en eau intègre dans la gestion préventive de la qualité de l'eau potable. La prévention de la contamination microbiologique et chimique de l'eau de source est le principal obstacle à la contamination de l'eau potable préoccupante pour la santé publique.

En général, l'eau de source est naturellement propre, les seules méthodes de traitement autorisées, dans le cas d'une contamination, pour éliminer les éléments indésirables sont :

4.2.1. Filtration

La filtration est le processus d'élimination des particules en suspension dans l'eau tels que les particules qui produisent la turbidité.

4.2.2. Désinfection

La désinfection vise à tuer les micro-organismes présents dans l'eau. Elle améliore seulement sa qualité microbiologique.

4.2.3. Décantation

Lors de la décantation, l'eau est libérée des matières en suspension qui se déposent en raison de leur propre poids (DESILLE, 2012).

4.2.4. Aération

L'aération permet d'augmenter la surface de contact entre l'eau et l'air par des méthodes naturelles ou par des dispositifs mécaniques. En d'autres termes, c'est une méthode pour l'eau augmenté la saturation en oxygène de l'eau. Elle élimine physiquement les gaz dissous de la solution et leur permet de s'échapper dans l'air ambiant (AKHLAQUE et al., 2017).

5. Eau potable

L'eau pure n'existe pas à l'état naturel. Dans son parcours jusqu'à nos robinets, elle se charge d'éléments à la fois indispensables à notre santé mais peut également rencontrer des substances potentiellement toxiques pour l'organisme.

Une eau liquide est dite potable lorsqu'elle présente certaines caractéristiques : concentration en chlorures, pH, température...la rendant propre à la consommation humaine.

6. Paramètres et qualité d'une eau potable

6.1. Paramètres organoleptiques

Ils concernent la couleur, le goût et l'odeur de l'eau.

6.1.1. Couleur

L'eau pure est incolore. A l'état pur, elle n'absorbe aucune lumière du soleil, de l'infrarouge jusqu'à l'ultraviolet. La lumière n'interagit pas avec les molécules d'eau, elle se contente de les traverser.

La matière organique dissoute provenant de la végétation en décomposition (algues et composés d'humus) et certaines matières inorganiques, comme les concentrations croissantes d'ions dissous (fer et manganèse), provoquent la coloration de l'eau (SORAN, 2021).

6.1.2. Odeur

L'odeur désigne l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en sentant une odeur particulière provenant des substances volatiles. L'eau pure est inodore, l'odeur dégagée par toute eau peut être due à la présence des substances polluantes dont leurs quantités sont souvent si faibles qu'elles ne peuvent pas être détectées par les méthodes analytiques ordinaires, elles peuvent parfois être détectées uniquement par l'odorat (RODIER et al., 2009).

6.1.3. Le Goût

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

6.2. Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques regroupent tous les paramètres qui caractérisent la qualité physique et la qualité chimique d'une eau (le pH, la teneur en chlorures, sulfates, magnésium, sodium, potassium, aluminium total et résidus secs).

6.2.1. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est définie en siemens par mètre ($S.m^{-1}$). Il s'agit du rapport de la densité de courant par l'amplitude du champ électrique. On mesure la conductivité électrique avec un conductimètre. La conductivité électrique est désignée par la lettre sigma. Elle renseigne sur sa qualité (tableau 1), sa minéralisation et marque son origine (BELGHITI et al., 2020).

Tableau 1 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (TOUHARI, 2015).

CE ($\mu\text{S/cm}$)	Qualité de l'eau
50 à 400	Excellente
400 à 750	Bonne
750 à 1500	Médiocre mais utilisable
>à 1500	Minéralisation excessive

6.2.2. Dureté d'une eau ou Titre Hydrométrique (TH) :

La dureté d'une eau s'exprime par la teneur en ions du calcium (Ca^{2+}) et de magnésium (Mg^{2+}). Elle dépend de la nature et de la structure géologique des sols traversés (HANE et al., 2020). MELLAH et al. 2022 a classé les eaux en fonction de la dureté totale selon le tableau 2.

Tableau 2 : Classification des eaux en fonction de la dureté totale (MELLAH et al., 2020).

Dureté totale (mg/l en CaCO_3)	Qualité de l'eau
0 à 75	Très douce
75 à 150	Douce
150 à 300	Moyenne
300 à 500	Dure
>500	Très dure

6.2.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel hydrogène, note le pH, est une mesure de l'activité chimique des protons ou ions hydrogène en solution. Notamment, en solution aqueuse, ces ions sont présents sous forme d'ions hydronium. Le pH sert à mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution. Ainsi, dans un milieu aqueux à 25 °C. L'OMS fixe une valeur comprise dans l'intervalle de 6,5 et 8,5 pour l'eau de boisson. Pour l'eau de source, le pH varie naturellement en fonction de l'origine des eaux et de la nature géologique du substrat (HANE et al., 2020).

6.2.4. Température

La température affecte les réactions géochimiques et chimiques notamment l'acceptabilité d'un certain nombre de constituants inorganiques et de contaminants chimiques qui peuvent affecter le goût. La température des eaux souterraines est relativement constante et augmente avec la profondeur (SORAN, 2021). Le taux d'oxygène dissous qui est indispensable à la vie aquatique est également influencé par la température (DIAB, 2016).

6.2.5. Total des solides dissous (TSD)

Le TSD désigne la concentration des substances dissoutes dans l'eau. Il est composé essentiellement de sels inorganiques, de quelques matières organiques qui proviennent des activités humaines et de certaines sources naturelles (CHADEN,2014) exprime le rapport entre les solides dissous et la sapidité de l'eau (tableau 3).

Tableau 3 : Rapport entre les solides dissous et la sapidité de l'eau (CHADEN, 2014).

TSD (mg/l)	Qualité de l'eau
<300	Excellente
300_600	Bonne
600_900	Passable
900_1200	Mauvaise

6.2.6. Turbidité

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendus qui la troublent.

La présence de matières en suspension dans l'eau notamment de particules colloïdales est la raison de diminution de sa transparence. Le degré de turbidité d'une eau est mesuré à partir de l'abondance de ces particules (tableau 4) (RODIER et al., 2009).

Tableau 4 : Qualité de l'eau en fonction de la turbidité (ROBERT, 2014).

Turbidité (NTU)	Qualité de l'eau
<5	Eau claire voire incolore
5 à 30	Eau légèrement trouble ou légèrement colorée
>50	Eau trouble ou colorée

6.2.7. Résidus secs

Les résidus secs permettent d'évaluer les caractéristiques minérales des eaux. Ils désignent la quantité des minéraux contenus dans l'eau après son évaporation (BONTEMPS ,2020). RODIER et al., (2009) a déterminé la potabilité de l'eau en fonction des résidus secs (tableau 5)

Tableau 5 : Potabilité de l'eau en fonction des résidus secs (RODIER et al., 2009).

Résidus secs (mg/l)	Potabilité
$R_s < 500$	Bonne
$500 < R_s < 1000$	Passable
$3000 < R_s < 4000$	Mauvaise

6.3. Paramètres chimiques

6.3.1. Minéralisation globale

Les minéraux retrouvés dans les eaux minérales sont les anions et les cations. La composition ionique de l'eau est dite respectée si la somme des charges des cations est égale à celle des anions. Un équilibre non respecté donne un signe à la présence d'un ion non détecté. La teneur en minéraux permet de déterminer les propriétés de l'eau et son caractère (BONTEMPS, 2020). Selon CHADEN (2014), il existe une relation entre la conductivité électrique et la minéralisation globale (tableau 6).

Tableau 6 : Rapport entre la conductivité électrique et la minéralisation (CHADEN, 2014).

Conductivité électrique	Minéralisation
0-100	Minéralisation très faible
100-200	Minéralisation faible
200-333	Minéralisation moyenne accentuée
333-666	Minéralisation accentuée
666-1000	Minéralisation importante
>1000	Minéralisation élevée

6.3.2. Cations

Un cation est un atome (ou une molécule) qui a perdu un ou plusieurs électrons. La charge électrique globale du cation est donc positive. Des niveaux élevés de calcium peuvent causer des maladies intestinales (DIAB, 2016).

6.3.2.1. Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est naturellement très abondant. Ses sources les plus courantes sont l'érosion des roches et les minéraux tels que la calcite. Des niveaux élevés de calcium peuvent causer des maladies intestinales (DIAB, 2016).

6.3.2.2. Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium provient de l'érosion des roches, mais également de certains minéraux tels que la magnésite. Des niveaux élevés de magnésium peuvent provoquer des maladies et une dureté élevée de l'eau (DIAB, 2016).

6.3.2.3. Potassium (K^+)

Le potassium est abondamment présent dans l'environnement, y compris dans l'eau minérale naturelle. Le permanganate de potassium peut être utilisé en tant qu'oxydant ce qui entraîne la libération du potassium dans l'eau potable (DIAB, 2016).

6.3.2.4. Sodium (Na^+)

Les sels de sodium (tel que le chlorure de sodium) se trouvent généralement dans tous les aliments (principales sources d'exposition) et dans l'eau de boisson. Sa concentration est généralement faible dans l'eau potable. Cependant, les concentrations élevées confèrent un goût inacceptable (RODIER et al., 2009).

6.3.3. Anions

6.3.3.1. Chlorures (Cl^-)

Les chlorures sont des composés inorganiques provenant de la combinaison du dichlorure gazeux avec un métal. Le chlorure de sodium (NaCl) et le chlorure de magnésium (MgCl_2) sont les plus répandus. Des sources naturelles et/ou industrielles peuvent être à l'origine d'une contamination de l'eau par les chlorures. De plus, leurs doses élevées dans l'eau potable provoquent une hypertension (DIAB, 2016).

6.3.3.2. Sulfates (SO_4^{2-})

Les sulfates sont des anions extrêmement solubles qui existent dans l'eau sous forme de soufre dissous. Ils sont d'origines géochimiques et atmosphériques. Ils peuvent également résulter des activités humaines telles que l'utilisation d'engrais sulfatés. L'eau sulfatée peut avoir un goût désagréable (HANE, 2020).

6.4. Paramètres indésirables

6.4.1. Manganèse

Le manganèse, de symbole chimique Mn, est un métal qui ressemble au fer. Des concentrations élevées ne constituent pas de risques pour la santé humaine.

Le manganèse est présent naturellement dans de nombreuses eaux de surface et les eaux souterraines, en particulier dans des conditions anaérobies ou de faible oxydation, et c'est la principale source de manganèse pour l'eau de boisson. Sa présence en excès dans l'eau peut causer des problèmes au foie humain (DIAB, 2016).

6.4.2. Fer

Le fer contenu dans les eaux superficielles peut avoir une origine tellurique, mais le plus souvent, il provient de lessivage de terrain et de pollutions minières ou métallurgiques. Dans les eaux souterraines, plus réductrices, le fer va se retrouver sous forme ferreuse Fe^{2+} qui est soluble. Il existe une autre forme de fer qui est le fer complexé. Les complexes formés peuvent être d'origine minérale avec la silice ou d'origine organique avec des acides humiques ou fulviques. Le fer présent dans les sédiments favorise la prolifération de certaines bactéries, il peut être lié à une activité bactérienne excessive (DIAB, 2016).

6.4.3. Aluminium (Al)

Les principales sources d'aluminium dans l'eau potable sont les sels d'aluminium et l'aluminium naturel utilisés comme coagulants pour le traitement. Les concentrations élevées dans l'eau entraînent souvent des plaintes des consommateurs dues au dépôt de flocons d'hydroxyde d'aluminium (ANONYME., 2017).

L'aluminium est largement utilisé dans les stations de traitement de l'eau potable, des eaux usées et de l'eau industrielle. Dans le traitement de l'eau potable, les sels d'Aluminium sont utilisés pour éliminer la turbidité, les matières organiques et les microorganismes.

6.4.4. Cuivre (Cu)

Le cuivre est un métal de couleur rougeâtre, il a une conductivité thermique et électrique élevée à température ambiante. Il peut être adsorbé par les sédiments et est souvent associé à des minéraux argileux. Ses principales sources sont les composés agrochimiques et les déchets municipaux. De fortes concentrations de cuivre peuvent provoquer des maladies neuro-dégénératives (DIAB, 2016).

Il aide au bon fonctionnement du système nerveux. Le cuivre participe au maintien des tissus conjonctifs normaux. Il contribue au bon fonctionnement du système immunitaire. Le cuivre agit comme un antioxydant puisqu'il contribue à protéger les cellules contre le stress oxydatif.

6.4.5. Zinc (Zn)

Le zinc est un métal essentiel pour la vie des organismes, il est nécessaire pour certains processus physiologiques. Mais à fortes concentrations, il devient toxique pour les êtres vivants. Il provient principalement de l'industrie et de l'utilisation d'engrais. Cependant, il existe également d'autres sources naturelles telles que les volcans (DIAB, 2016).

6.5. Paramètres de toxicité

6.5.1. Arsenic (As)

L'arsenic est l'élément chimique de numéro atomique 33. Son corps simple se présente sous la forme d'un solide cristallin argenté

L'arsenic est naturellement présent dans la croûte terrestre et est largement distribué dans divers environnements en particulier, les eaux souterraines. Il est très toxique sous forme inorganique, sa présence dans les eaux potables et celles de l'hygiène domestique, notamment l'irrigation, constitue la plus grande menace pour la santé publique.

Lors d'une exposition prolongée, il peut provoquer des cancers, des lésions cutanées et des maladies cardiovasculaires (ANONYME., 2017)

6.5.2. Cadmium (Cd)

Le cadmium est l'élément chimique de numéro atomique 48, de symbole Cd. Le corps simple cadmium est un métal. Un alliage contenant du cadmium ou un objet recouvert d'une fine couche de cadmium est dit cadmie

Le cadmium est un métal blanc, mou et malléable, qui peut provoquer un dysfonctionnement du système reproducteur de l'organisme. Il n'y a pas de minerai de cadmium disponible, il est principalement trouvé dans le minerai de zinc, de plomb et de cuivre. Ses sources artificielles sont les fongicides, les insecticides, les peintures et les céramiques (DIAB, 2016).

6.5.3. Fluorures (F)

Les fluorures sont présents naturellement dans les trois compartiments (air, sol et eau) ainsi que dans les plantes et dans divers aliments. Le fluor présent dans l'eau provient principalement de la dissolution des minéraux naturels des roches et des sols (HANE, 2020).

6.5.4. Plomb (Pb)

Le plomb est l'élément chimique de numéro atomique 82, de symbole Pb. Dans la condition standard, le corps simple plomb est un métal malléable et gris bleuâtre, qui blanchit lentement en s'oxydant.

Le plomb est l'un des éléments les plus dangereux et les moins mobiles dans les sédiments. Il empêche la synthèse de l'hémoglobine et s'accumule dans les globules rouges et les os. Il provient principalement dans les émissions des véhicules. Lors de la dégradation des roches, le plomb est libéré naturellement. Ce dernier traverse la biosphère et l'atmosphère et finit par retourner dans la croûte sous forme de roches sédimentaires (DIAB, 2016).

6.5.5. Sélénium (Se)

Le sélénium est l'élément chimique de numéro atomique 34, de symbole Se. Ce troisième L'état du sélénium retrouvé dans les masses d'eaux est mal connu, il est déterminé à partir de son origine qui est peut-être lié aux exsudations naturelles des sols ou aux rejets industriels (séléniates, sélénites, séléniures...etc.). Il est très toxique pour l'Homme et cause beaucoup de maladies (RODIER et al., 2009).

6.6. Paramètres de pollution

6.6.1. Définition de la pollution de l'eau

Un milieu aquatique est dit pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable par l'apport en quantités trop importantes soit de substances plus ou moins toxiques, l'origine naturelle ou issues d'activités humaines, soit encore d'eaux trop chaudes.

Lorsqu'on parle généralement de la pollution nous pensons habituellement aux matières toxiques produites par l'homme dans l'environnement. Le terme pollution ne doit pas être utilisé que lorsqu'il y'a dommage réel ou potentiel (Kenneth., 1976). Selon Ramade (2005) le terme pollution désigne l'ensemble des rejets de composés toxiques que l'homme libère dans l'écosphère, mais aussi les substances qui, sans être dangereuses pour l'organisme vivant exercent une action perturbatrice sur l'environnement.

6.6.2. Différents types de la pollution de l'eau

6.6.2.1. Pollution physique

La pollution naturelle physique est celle qui résulte de l'entraînement en suspension d'éléments minéraux menus : sable fin, limons, argiles, lors de pluies violentes.

Les éléments radioactifs rejetés dans l'atmosphère peuvent provoquer des rejets en surface et atteindre les eaux souterraines via les eaux pluviales (pollution radioactive). Plus l'eau est utilisée comme liquide de refroidissement dans les centrales nucléaires et thermiques, plus elle change à mesure que la température augmente (SCHRIVER-MAZZUOLI, 2012).

6.6.2.2. Pollution chimique

Provient généralement des rejets d'eaux usées contenant des produits d'entretien, des hydrocarbures et des métaux lourds.

La contamination chimique est probablement la plus courante et la plus diversifiée. Il s'agit principalement d'une contamination par des composés inorganiques tels que le sodium, les nitrates, les phosphates et les métaux lourds...etc. En lien avec toutes sortes d'activités humaines, ces derniers causent divers problèmes selon leur solubilité, leurs persistance et leurs toxicités (HARTEMANN, 2013).

6.6.2.3. Pollution organique

La pollution organique concerne les déchets organiques provenant des ordures ménagères, des fumiers et des industries. Ces déchets sont souvent biodégradables. Dans le cas où l'apport de matière organique est en excès, la dégradation nécessite un fort taux d'oxygène causant ainsi l'eutrophisation du milieu. Ce dernier lorsqu'il soit pollué par la matière organique, constitue une matrice de développement de nombreux microorganismes comme les espèces pathogènes, les microorganismes saprophytes, les champignons...etc. (SCHRIVER-MAZZUOLI, 2012).

6.6.2.4. Pollution microbiologique

La pollution microbiologique désigne la présence de microorganismes pathogènes dans l'eau comme les bactéries, les virus, les protozoaires, les cyanobactéries ...etc. Ce type de pollution provient des rejets de matières fécales et des pluies de ruissellement sur les terrains d'élevage et d'épandage (SCHRIVER-MAZZUOLI, 2012).

6.6.3. Modes de contamination des eaux de sources

Les ressources en eau sont fréquemment influencées par diverses activités humaines telles que l'agriculture et l'industrie. Selon NGUYEN et al. (2018), deux classes de pollution des eaux naturelles sont distinguées : La pollution ponctuelle et la pollution diffuse.

6.6.3.1. Pollution ponctuelle

La pollution ponctuelle ne touche qu'une petite partie du territoire et provient de sources connues de pollution. Il s'agit du rejet de polluants directement dans l'eau. Ces émissions sont typiquement industrielles ou domestiques, faciles à identifier et à quantifier et leur impact peut être rapidement évalué et maîtrisé. Les sources de contamination les plus fréquentes sont les lieux d'élimination des déchets, les terrains contaminés souvent laissés orphelins, les réservoirs d'hydrocarbures souterrains...etc.

6.6.3.2. Pollution diffuse

La pollution diffuse résulte de la transmission indirecte des rejets de la surface du territoire vers le milieu aquatique par les courants d'eau. Le sol joue un rôle important car les éléments polluants y circulent ou le traversent par le mouvement de l'eau (pluie ou irrigation). La pollution par diffusion est d'autant plus nocive que le nombre d'émissions au sein du territoire est important. Il n'est donc pas possible d'en déterminer l'origine.

6.6.4. Contamination des eaux souterraines

Les eaux souterraines présentent une importante ressource en eau potable, mais elles sont particulièrement vulnérables à la pollution. De plus, l'activité anthropique les affecte profondément, entraînant le rejet de divers types de polluants qui agissent également sur le sol, le sous-sol en altérant leur qualité ainsi les rendant durablement inutilisables (DIARY et al., 2019).

La contamination des eaux souterraines survient lorsque des substances anthropiques, à savoir fabriquées par l'être humain, se dissolvant dans l'eau qui alimente les aquifères ou se mélangent à celle-ci.

Cette pollution est basée sur la présence de divers paramètres qui sont dits indicateurs de pollution et qui sont :

6.6.4.1. Ammonium (NH_4^+)

L'ammonium est un composé contenant un atome d'azote et quatre atomes d'hydrogène (NH_4^+).

L'ammoniac est une molécule neutre non ionisée (base faible), tandis que l'ammonium est un ion transportant une charge positive. De plus, l'ammoniac dégage une forte odeur, tandis que l'ammonium est inodore.

L'ammonium résulte généralement de la décomposition aérobie et anaérobie de l'azote organique. Les sels d'ammonium peuvent causer des problèmes de santé humaine, selon le dosage et le temps d'exposition (DIAB, 2016).

6.6.4.2. Nitrates (NO_3^-)

Un nitrate est un composé associant cet anion à un ou plusieurs cations. C'est un sel ou un ester de l'acide nitrique.

Les nitrates sont des composés ioniques qui proviennent de deux sources naturelles (la décomposition de matières végétales ou animale, des formations végétales ainsi que des précipitations) et anthropiques (l'utilisation des engrais, des industries et des eaux domestiques usées) (DIAB, 2016). Les nitrates sont très solubles dans l'eau, par conséquent ils polluent les réservoirs d'eau souterraines (SCHRIVER-MAZZUOLI, 2012).

6.6.4.3. Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites sont assez répandus dans le sol, l'eau et l'atmosphère, mais en quantité moins importante que les nitrates. Ils peuvent résulter d'une oxydation incomplète de la matière organique, d'une réduction des nitrates par des bactéries anaérobies dites sulfito-réductrices sensées les dégrader ou de l'oxydation de l'ammoniac par des bactéries. En raison du pouvoir oxydant important de l'eau, leur présence en grande quantité peut réduire sa qualité et nuire à la santé humaine (HANE, 2020).

6.6.4.4. Phosphates (PO_4^{3-})

Les principales sources des phosphates retrouvés dans l'eau sont les activités agricoles (par infiltration ou lessivage) (HANE, 2020).

6.6.4.5. Oxygène dissous (OD)

L'oxygène dissous désigne la quantité d'oxygène dissous dans l'eau et dépend de certains facteurs, notamment la température, l'activité microbienne et la quantité des nutriments dans l'eau. La quantité d'oxygène d'un milieu donné donne une idée sur l'état de santé de ce dernier (DIAB, 2016).

6.6.4.6. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO est la quantité d'oxygène dissous nécessaire pour dégrader la matière organique présente dans l'eau. Lorsque la demande en oxygène est élevée, le milieu est donc fortement chargé en matière organique et nécessite de fort taux d'oxygène pour l'oxyder (DIAB, 2016).

6.6.4.7. Demande biochimique en oxygène (DBO)

La DBO représente la quantité d'oxygène dont une bactérie a besoin pour dégrader complètement les substances biochimiques oxydables présentes dans l'eau (NGUYEN et al., 2018).

6.6.4.8. Métaux lourds

Les métaux sont des éléments naturellement présents en petites quantités dans le sol, les roches, les eaux de surface, les gisements minéraux et les organismes vivants. Ils font partie de l'un des principaux polluants toxiques présents dans les eaux de surfaces et souterraines. Cependant, la pollution due à la présence de métaux provient de diverses sources telles que l'industrie métallurgique, l'industrie sidérurgique, les engrais et les pesticides. Certains de ces métaux, comme le fer et le magnésium, sont indispensables à l'Homme, mais à des doses bien définies. D'autres métaux dissous, en particulier ceux dont la densité est élevée, peuvent causer de graves problèmes de santé. Il est donc important de surveiller leurs concentrations dans l'eau (DIAB, 2016).

6.7. Paramètres bactériologiques

Malgré leur faible survie et mobilité dans l'environnement, les micro-organismes pathogènes, les bactéries et les virus ont été détectés dans les eaux souterraines. Leur persistance et leur fluidité sont diverses et difficiles à caractériser. Leur potentiel d'occurrence dans les eaux souterraines est un grave problème pour la santé humaine et l'environnement (MAJDOUB et al., 2015).

La contamination des eaux souterraines est basée sur la présence des organismes indicateurs de pollution. Les plus couramment utilisés sont:

6.7.1. Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement.

Les coliformes totaux sont bacilles à gram-négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase-négatifs, capables de se développer en présence de sels biliaires ou d'agents tensio-actifs qui fermentent le lactose en produisant de l'acide, du gaz et de l'aldéhyde à $35,0 \pm 0,5$ C° pendant 24-48 heures, et qui peuvent présenter une activité enzymatique β -galactosité. Ils pourront être causés par l'invasion de terre ou de matière organique dans l'eau ou par des conditions propices à la croissance d'autres types de coliformes. Ils sont susceptibles de provoquer des troubles gastro-intestinaux (NWABOR, 2016).

6.7.2. Escherichia coli

E. coli est l'indicateur le plus spécifique de la contamination fécale, il est présent en grand nombre dans le microbiote intestinal normal des humains et des animaux et est généralement inoffensif. Cependant, il provoque des maladies graves dans d'autres parties du corps, telles que les infections des voies urinaires. Son infection est associée à la transmission interhumaine, au contact avec des animaux, à la consommation d'eau contaminée et à la nourriture (ANONYME., 2017).

6.7.3. Les clostridium-sulfite réducteur

Les spores de clostridium peuvent survivre dans l'eau beaucoup plus longtemps que les coliformes et ils résistent à la désinfection (RODIER *et al*, 2009).

6.7.3. Salmonella

Les Salmonella font partie de la famille des Enterobacteriaceae. Ce sont des bacilles mobiles à Gram négatif qui ne fermentent pas le lactose, mais la plupart produisent du sulfure d'hydrogène ou des gaz à partir de la fermentation des glucides...etc. L'infection à la Salmonella provoque des manifestations cliniques comme la gastro-entérite, la bactériémie ou septicémie, fièvre typhoïde/entérique...etc. (ANONYME., 2017).

7. Maladies à transmission hydrique

Les maladies d'origine hydriques sont transmises en raison de la consommation directe d'eau contaminée par des agents pathogènes ou des substances toxiques associées à l'eau. L'eau potable contaminée, lorsqu'elle est utilisée dans la préparation des aliments, les loisirs ou d'autres usages domestiques, peut être la source de maladies d'origine alimentaires par la consommation et l'exposition à des mêmes micro-organismes. La plupart des maladies d'origine hydrique sont souvent transmises par voie fécale-orale (NWABOR *et al.*, 2016). Le risque sanitaire associé à l'eau polluée comprend différentes maladies telles que les maladies respiratoires, le cancer, les maladies diarrhéiques, les troubles neurologiques et les maladies cardiovasculaires (MEHTAB *et al.*, 2017)

L'Algérie traverse depuis quelques années une phase de transition épidémiologique marquée par la persistance des maladies à transmission hydriques caractéristiques des pays en développement (tableau 7), malgré l'amélioration du cadre de vie de la population et les efforts des services de la santé publique, l'Algérie reste confrontée aux MTH dont les principales sont : la fièvre typhoïde, la dysenterie et l'hépatite viral « A ». Les moyens de lutte contre les maladies à transmission hydrique portent sur l'assainissement, l'adduction d'eau, l'hygiène, le contrôle, la surveillance et la sensibilisation par les collectivités locales (ANONYME., 2017).

Tableau 7 : Présentation des différentes maladies à transmission hydrique en Algérie (ANONYME., 2006).

Origines des maladies	Les différentes maladies
Maladie d'origine bactérienne	Le choléra (<i>Vibrio-cholerae</i>) Les fièvres typhoïdes
Maladie d'origine virale	Les hépatites A (virus de l'hépatite A)
Maladie d'origine alimentaire	Toxi-infections alimentaires collectives (TIAC)

Chapitre 2

Région d'étude et matériels et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Situation géographique de la source d'eau TIZI TGHIDET

La source d'eau étudiée est située dans la commune de Yakourene au niveau du village Tizi Tghidet, situé au Nord-est de la forêt domaniale de Béni-Ghobri.

La délimitation du village TIZI TGHIDET est donnée comme suit :

- Au Nord par le village de Tighilt Bouksas.
- Au Sud par le village d'Azro.
- A l'Ouest par le village d'Ath Aissi.
- A l'Est par le village d'Aghouled.



Figure 1 : Source d'eau TIZI TGHIDET (Photographie originale, 2023).

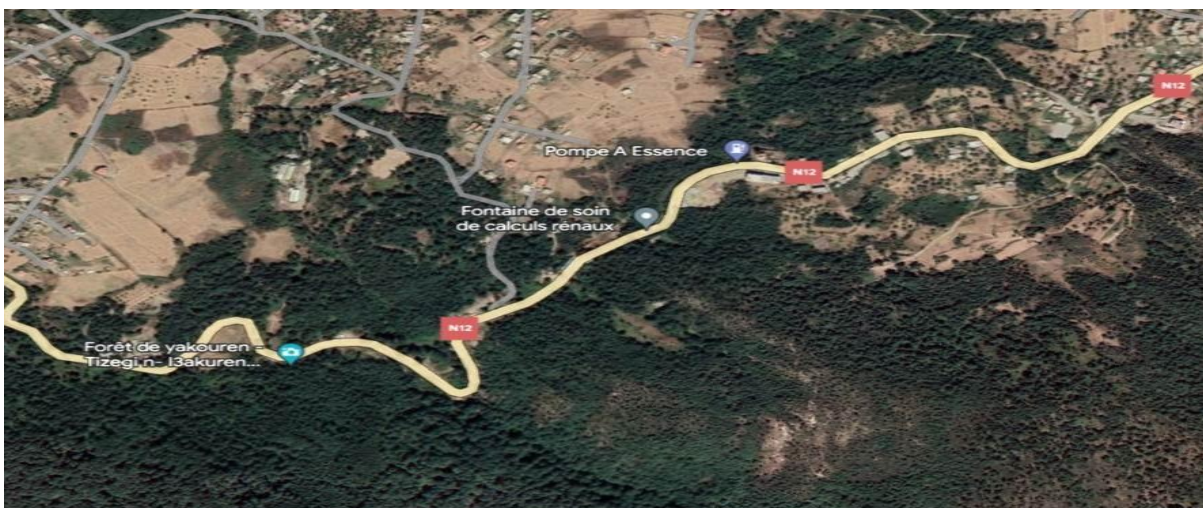


Figure 2 : Localisation satellite de la source d'eau TIZI TGHIDET (Google earth, 2023).

1.2. Situation climatique

La commune de Yakourene est située dans un étage climatique subhumide, qui se caractérise par :

- Une pluviométrie qui varie entre 700 mm et 1200 mm par année où la densité pluviale est enregistrée entre le mois de décembre et mars ;
- Des températures qui varient entre 10°C à 15°C en hiver et entre 25°C à 40°C en été ;
- Deux saisons relativement équilibrées (Printemps et Automne).

1.3. Couvert végétal

La région de Tizi Tghidet est constituée des formations végétales suivantes : Chêne zen (*Quercus canariensis*), chêne afares (*Quercus afares*) et chêne liège (*Quercus suber*).

C'est une futaie dont le diamètre des individus varie entre 10 et 70 cm, accompagné d'un recouvrement important de sous-bois d'une hauteur allant de 50 à 350cm, composé essentiellement de :

Erica arborea, (la Bruyère), *Cytisus triflorus* (La cytise), *Lavandula Stoechas* (la lavande), *Calicotom spinosa*, *Crataegus monogyna* (l'aubépine). *Genista tricuspidata* (le genet).



Figure 3 : Couvert végétal de la source TIZI TGHIDET (Photographie originelle, 2023).

1.4. La pédologie

Un relief plus ou moins accidenté, un substrat géologique composé de grès numidiens, des sols acides présentant une texture limono-sableuse sont les principales caractéristiques pédologiques de ce milieu.



Figure 4 : Echantillon du sol (Photographie originale, 2023).

2. Matériels et méthodes

2.1. Echantillonnage

Les propriétés physiques, chimiques et microbiologiques des eaux de sources dépendent d'un certain nombre de facteurs dont la composition chimique et minéralogique des terrains intersectés, la structure géologique, les conditions d'écoulement et les conditions physico-chimiques du milieu. De plus, différents types de pollution peuvent modifier certaines caractéristiques de l'eau. Ces dernières sont déterminées à partir des mesures et d'analyses effectuées sur des échantillons qui doivent refléter le plus que possible la composition de l'eau dans l'aquifère.

L'échantillonnage résume les différentes méthodes à mettre en œuvre pour garantir la représentativité des prélèvements. Notre échantillonnage comprend la préparation du prélèvement, le prélèvement proprement dit, le conditionnement de l'échantillon, ainsi que son stockage jusqu'au moment où l'eau est analysée. Chacune de ces étapes est importante pour assurer la fiabilité des résultats d'analyses. Cette procédure doit permettre de fournir au laboratoire des échantillons emblématiques de la composition de l'eau au moment du prélèvement. Pour l'analyse de chaque groupe de substances, nous prélevons des échantillons séparés.

2.1.1. Echantillonnage pour l'analyse physico-chimique

Avant d'effectuer le prélèvement, nous avons laissé l'eau couler pendant 2 minutes afin d'éviter les substances présentes dans l'eau stagnante.

Nous avons recueilli l'échantillon dans un flacon en verre de 1000ml (figure 5) que nous avons préalablement rincé à l'eau distillée puis de nouveau rincé 3 fois avec l'eau à analyser. Nous l'avons rempli jusqu'au bord pour éviter la pénétration de l'air susceptible d'altérer certains paramètres.

Les analyses organoleptiques ne nécessitent pas des flacons spécifiques. Pour se faire, nous avons utilisé l'échantillon recueillis dans le flacon des analyses physico-chimiques.

2.1.2. Echantillonnage pour l'analyse bactériologique

Le prélèvement est effectué dans des conditions aseptiques. Nous avons d'abord stérilisé le flacon de 500 ml au laboratoire ; nous l'avons lavé et rincé préalablement avec l'eau du robinet puis avec l'eau distillée. Une fois le flacon est séché à l'air ambiant, il est mit dans un autoclave à 121 °C (figure 5) pendant 20 minutes pour finaliser le processus de la stérilisation.

Pour effectuer le prélèvement sur site, nous avons stérilisé le robinet de la source en passant tout autour de ce dernier ainsi que sur l'ouverture du flacon et son bouchon un briquet enflammé.

Dans la zone stérile, nous avons rempli le flacon à $\frac{3}{4}$ pour éviter l'eutrophisation du milieu et pour ne pas abîmer les bactéries aérobies.



Figure 5 : Autoclave et flacons utilisés pour les prélèvements physico-chimiques et bactériologiques (Photographie originale, 2023).

2.1.3. Transport et conservation des échantillons à analyser

La protection totale des échantillons doit être assurée pour permettre une conservation de leurs caractéristiques analytiques. Les échantillons sont transportés dans une glacière à une température d'environ 4 °C à l'abri de la lumière.

La conservation des échantillons pour l'analyse physico-chimique et bactériologique se fait dans un réfrigérateur à 4° C et à l'obscurité et l'analyse est effectuée dans les 24 heures qui suivent.

Chaque flacon de nos échantillons prélevés comporte une étiquette informant sur la date et l'heure du prélèvement (23/05/2023 à 11h00).

Les matériels et les méthodes utilisés pour doser les paramètres physico-chimiques sont représentés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques.

Paramètre mesuré	Méthodes	Appareillage
pH	Potentiomètre	pH mètre
Turbidité	/	Turbidimètre
conductivité	/	Conductimètre
Alcalinité (TA-TAC)	Titrimétrie avec acide sulfurique	Burette de titration
calcium	Titrimétrie à l'EDTA	Burette de titration
magnésium	Titrimétrie à l'EDTA	Burette de titration
chlorure	Titrimétrie au nitrate d'Argent	Burette de titration
Ammonium	Spectrophotométrie à UV	Spectrophotomètre DR6000
Nitrite	Spectrophotométrie à UV	Spectrophotomètre DR6000
Nitrate	Spectrophotométrie à UV	Spectrophotomètre DR6000

2.2. Analyse des échantillons

2.2.1. Analyses physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques à analyser sont choisis en fonction de l'objectif recherché. Les techniques d'analyses sont très variées et ont pour objectif la connaissance des propriétés intrinsèques des molécules ainsi leur aptitude à réagir avec des réactifs particuliers.

2.2.2. Analyses bactériologiques

La recherche des germes se fait soit par la méthode de filtration sur membrane (milieu solide, autrement dit, la gélose) ou par la technique d'ensemencement en milieu liquide (bouillon). Ces deux milieux sont utilisés pour la recherche des coliformes fécaux y compris l'*Escherichia coli*, les entérocoques intestinaux ou les streptocoques du groupe D et les spores des anaérobies sulfite-réductrices. Le milieu de culture utilisé est propre à chaque type de bactérie ciblée. Il est possible de procéder à l'identification des microorganismes présents dans l'eau prélevée en deux manières ; la filtration sur membrane (méthode quantitative) et la fermentation en tubes (méthode semi-quantitative).

2.2.2.1. Filtration sur membrane (FM)

Cette méthode permet de détecter et de quantifier simultanément les coliformes totaux y compris la bactérie *E. coli*, les streptocoques et les spores sur des milieux de cultures différents utilisant une rampe de filtration en acier inoxydable composée d'entonnoirs de 500 ml, d'une plaque poreuse et d'un robinet dont chacun de ces derniers doit être stérilisé à l'aide d'un bec bunsen avant d'effectuer l'analyse. La rampe est associée à une pompe à vide qui sert à aspirer le liquide et à un récipient récepteur de l'eau aspirée (figure 6).



Figure 6 : Rampe de filtration (Photographie originelle, 2023).

2.2.2.2. Milieux de culture

Les milieux de culture qui sont servis pour l'isolement des germes sont représentés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Milieux de culture utilisés pour l'isolement des germes dans l'eau à analyser.

Milieux de cultures solides	Milieux de cultures liquides
CCA (Coliform chromogenic Agar) : Pour la recherche des coliformes totaux et des coliformes fécaux (<i>Escherichia coli</i>).	BCPL (Bouillon lactose au pourpre de Bromocresol) muni d'une cloche de Durham : Pour la recherche des <i>E.coli</i> et des Coliformes totaux.
SLANETZ : Pour la recherche des Streptocoques.	Rothe : Pour la recherche des streptocoques.

2.3. Dosage des paramètres physico-chimiques

2.3.1. Température

Nous avons évalué la température après le prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un thermomètre associé à une électrode en verre que nous avons introduit dans le flacon d'eau puis nous avons enregistré la valeur affichée en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$) sur l'écran de l'appareil. Nous l'avons également évaluée une fois arrivé au laboratoire à l'aide d'un Conductivimètre (figure 7).



Figure 7 : Conductivimètre (Photographie originale, 2023).

2.3.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

La mesure du pH s'effectue à l'aide d'un pH-mètre électronique (figure 8) relié à une électrode en verre. Nous avons étalonné l'appareil en utilisant une solution tampon de pH égale à 4 (acide), 7(neutre) et 10 (basique). Cette dernière est une solution dont le pH ne varie peu lorsque de faibles quantités d'acide ou de base sont ajoutées. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ présents dans la solution. Ensuite, nous avons plongé l'électrode dans le flacon contenant l'échantillon à analyser. Nous avons enregistré la valeur affichée sur l'écran de l'appareil après sa stabilisation.



Figure 8 : pH-mètre (Photographie originale, 2023).

2.3.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique est mesurée avec un Conductivimètre lié à une électrode. Il nécessite un étalonnage réalisé en utilisant une solution tampon. Nous avons plongé l'électrode dans le flacon d'eau à analyser et nous avons enregistré le résultat affiché sur l'écran de l'appareil en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

2.3.4. Turbidité

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre (figure 9). Le principe consiste d'abord à étalonner l'appareil avec une cuve contenant une solution témoin. Après l'étalonnage, nous avons introduit notre échantillon dans une cuve en verre bien séchée que nous avons ensuite placée dans l'appareil. Ce dernier comprend un faisceau lumineux qui traverse la cuve et donne le taux de matières en suspension présentes dans l'eau en unité de turbidité néphélométrique (NTU).



Figure 9 : Turbidimètre TL2300 (Photographie originale, 2023).

2.4. Dosage des paramètres chimiques

2.4.1. Paramètres de minéralisation globale

2.4.1.1. Calcium

➤ Principe

Le titrage des ions calcium est réalisé à l'aide d'une solution aqueuse de l'EDTA (d'une concentration de 0.01mol/l) à pH compris entre 12 et 13. Le HSN (murexide) est considéré comme un indicateur qui obtient en combinaison avec les ions calcium un complexe rouge. Ce titrage permet à l'EDTA de réagir tout d'abord avec les ions calcium libres ensuite, au point d'équivalence, avec les ions calcium et magnésium associés avec l'indicateur qui change de la couleur violette vers la couleur bleue claire.

➤ Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, nous avons introduit 50ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml (figure 10), puis nous avons ajouté 2ml de la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) et une pincée de l'indicateur HSN d'une couleur violette qui est d'environ 0.2g, la couleur du mélange vire ainsi en violet. Nous avons titré avec la solution d'EDTA tout en mélangeant et nous avons arrêté l'agitation une fois la couleur bleue claire est apparue. Cette dernière ne doit pas changer même avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de l'EDTA. La quantité de l'EDTA versée égale à la concentration de calcium présente dans l'échantillon. Nous l'avons notée en mg/l.



Figure 10 : Dosage volumétrique du calcium (Photographie originale, 2023).

2.4.1.2. Magnésium

La dureté magnésienne est estimée à partir de la différence calculée entre la teneur globale en calcium et en magnésium et la teneur en calcium. Elle est donnée par la formule suivante :

$$\text{Mg} = (\text{Ca} + \text{Mg}) - \text{Ca}$$

Où :

Mg : Teneur en magnésium en mg/l ;

Ca+Mg : Teneur globale en calcium et en magnésium ;

Ca : Teneur en calcium en mg/l.

2.4.1.3. Chlorures

➤ Principe

Le dosage volumétrique par précipitation (méthode de titrage de Mohr) d'une solution contenant les ions chlorures d'une concentration inconnue, à l'aide d'une solution de nitrate d'argent de concentration connue en présence d'indicateur de fin de réaction ; le chromate de potassium. L'équivalence est atteinte lorsque tous les ions chlorure initialement présents ont réagi avec les ions d'argent versés. La réaction se termine par l'addition de la goutte qui fait apparaître un précipité rouge brique de chromate d'argent (Ag_2CrO_4).

➤ Mode opératoire

Dans un erlenmeyer (figure 12), nous avons introduit 100 ml de la prise d'essai à laquelle nous avons ajouté 1 ml de chromates de potassium. Nous avons titré la solution avec le nitrate d'argent (AgNO_3) d'une concentration connue, en agitant continuellement jusqu'à l'obtention d'une couleur rouge brique. Le volume de nitrate d'argent versé est l'équivalent de la concentration des chlorures présent dans la solution titrée en mg/l.



Figure 12 : Dosage des chlorures (Photographie originale, 2023).

2.4.1.4. Alcalinité

➤ Principe

La méthode consiste à déterminer l'alcalinité (figure 11) de l'eau prélevée en évaluant la présence d'hydrogencarbonates et carbonates. Les deux déterminations sont :

- Le titre alcalimétrique ou TA qui mesure la teneur de l'eau en carbonates (CO_3^{2-}) ;
- Le titre alcalimétrique complet ou TAC qui correspond à la teneur de l'eau en bicarbonates (HCO_3^-).

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué (acide sulfurique) en présence de phynol-phtaléine.

➤ Modes opératoires

• Détermination de TA

Nous avons versé 100 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml puis nous avons ajouté 3 gouttes de phynol-phtaléine qui a donné une couleur rose à notre échantillon (Le pH doit être supérieur à 8.3. Dans le cas contraire, la couleur rose n'apparaîtra pas donc le TA est nul). Nous avons ensuite titré notre solution avec l'acide sulfurique à l'aide d'une burette tout en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH=8.3). La concentration des carbonates est l'équivalent du volume versé de l'acide sulfurique en mg/l.

- **Détermination de TAC**

Nous avons utilisé l'échantillon traité précédemment auquel nous avons ajouté 2 gouttes de solution méthyle orange, puis nous l'avons titré de nouveau avec le même acide jusqu'au virage de jaune au jaune orangé où le pH de la solution est de 4.3 (Figure 11).

La concentration des bicarbonates est l'équivalent du volume versé de l'acide sulfurique en mg/l.

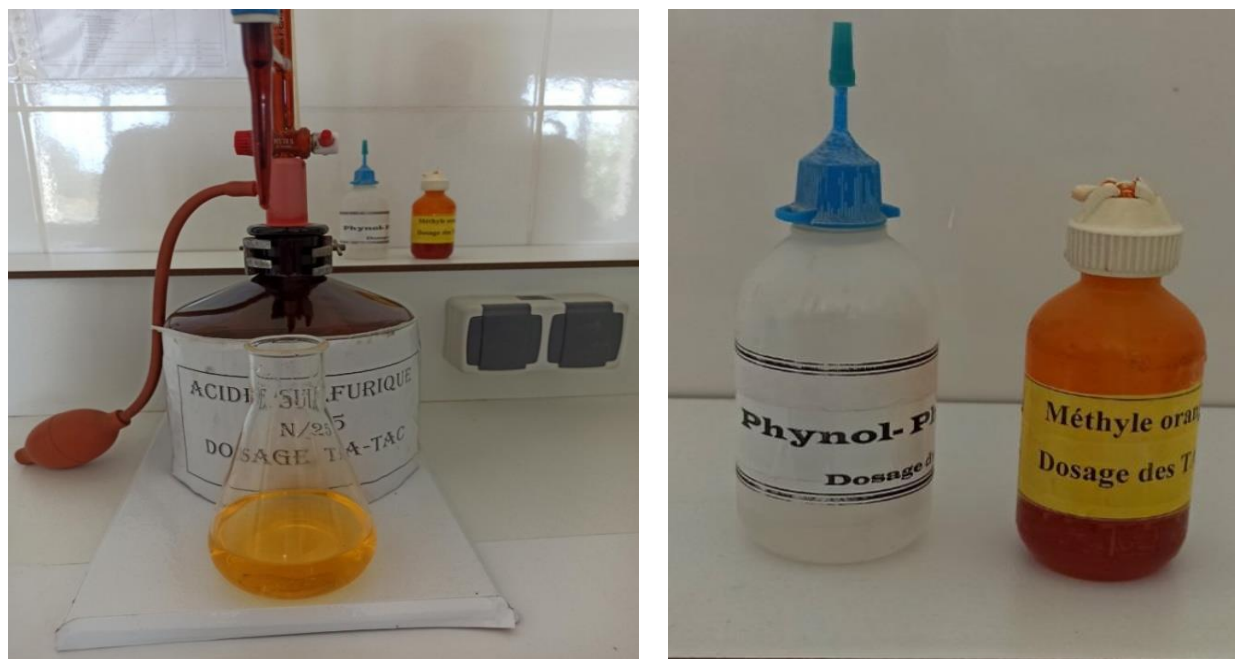


Figure 11 : Dosage de l'alcalinité (Photographie originelle, 2023).

2.5. Dosage des paramètres de pollution

2.5.1. Ammonium

➤ Principe

Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite de sodium (NaClO) en présence de nitrosopentacyanoferrate de sodium (nitroprussiate de sodium).

➤ Mode opératoire

Dans une fiole de 50 ml (Figure 13), nous avons versé 40 ml de l'échantillon d'eau de source auquel nous avons ajouté 4 ml du réactif coloré (préalablement préparé), qui donne une couleur jaune, et 4 ml du dichloroisocyanurate de sodium. En cas de présence d'ammonium, la couleur jaune devient verte durant le temps de contact qui est de 2 heures (plus le taux de la matière organique est élevé, plus la couleur verte devient foncée). Nous avons placé la cuve

qui possède l'échantillon contenant l'ammonium dans le spectrophotomètre UV visible déjà étalonné avec de l'eau distillée, et nous avons enregistré la valeur affichée sur l'écran de l'appareil en mg/l.



Figure 13 : Dosage de l'ammonium à l'aide du spectrophotomètre UV visible DR6000. (Photographie originelle, 2023).

2.5.2. Nitrates

➤ Principe

Cette méthode consiste à former le nitro 4 diméthyl 2,6-phénol à partir de la réaction du nitrate avec le diméthyl 2,6-phénol en présence d'acide sulfurique et d'acide phosphorique. La réaction durera environ 5 minutes.

➤ Mode opératoire

Dans une fiole conique sèche de 100ml, nous avons versé à l'aide d'une pipette pourvue d'une poire 35ml du mélange acide auquel nous avons rajouté 5ml de diméthyl 2,6-phénol puis nous avons agité circulairement la solution et laissé reposer pendant 10 à 60 minutes. A l'aide d'une pipette, nous avons ajouté 5ml de la prise d'essai. Après l'étalonnage du spectrophotomètre, nous avons placé la cuve en verre contenant la solution à analyser puis nous avons obtenu la concentration en azotes nitrates (N-NO_3^-) à une longueur d'onde de

324nm. Quant à la concentration en nitrates, nous l'avons obtenue en multipliant la valeur trouvée fois 4.427 (constante) qui donne la valeur finale en mg/l.

2.5.3. Nitrites

➤ Principe

Les ions nitrites réagissent en milieu acide (pH= 1.9) avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1)- diamino-1,2 éthane.

➤ Mode opératoire

• Préparation du réactif mélange

Nous avons dissout 10g de sulfonamide dans un mélange contenant 25 ml d'acide ortho-phosphorique et 100 ml d'eau distillée. Nous avons rajouté 0.5g de dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1)-diamino-1,2 éthane puis nous avons complété le volume à 250 ml avec l'eau distillée.

• Analyse de l'échantillon

Dans une fiole jaugée de 50 ml (figure 14), nous avons introduit 40 ml de l'eau de source à analyser. Ensuite, nous avons ajouté avec une pipette 1 ml du réactif mélange pour le dosage des nitrites. L'apparition immédiate d'une couleur rose après le temps de contact signifie la présence d'une pollution par les nitrites dans l'eau. Nous avons placé la cuve contenant l'échantillon dans le spectrophotomètre UV visible, que nous avons étalonné auparavant avec de l'eau distillé, ensuite nous avons noté la valeur affichée sur l'écran de l'appareil en mg/l.

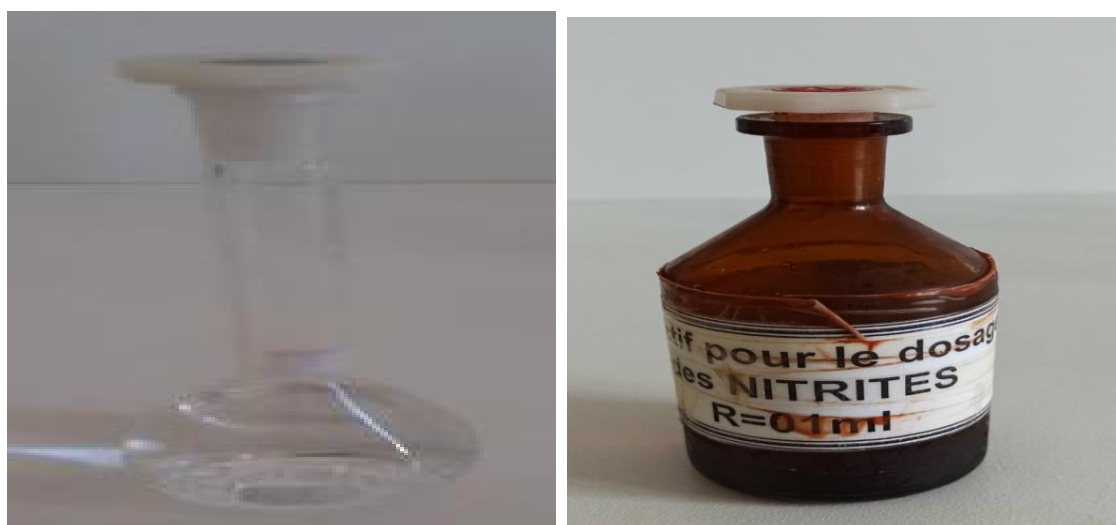


Figure 14 : Dosage des nitrites (Photographie originelle, 2023).

2.6. Dénombrement des bactéries

2.6.1. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux (*Escherichia Coli*)

2.6.1.1. Méthode par filtration sur membrane

➤ Principe

Le principe de cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux (*E. coli*) sur la gélose chromogène (CCA) par la méthode de la filtration sur membrane utilisant une rampe de filtration.

La recherche des coliformes, et d'*E. coli* se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption : Réservé à la recherche des coliformes totaux et coliformes fécaux.
- Le test de confirmation : Réservé à la confirmation des coliformes totaux et des coliformes fécaux.

➤ Mode opératoire

Nous avons stérilisé la rampe de filtration puis nous avons placé un filtre de 45µm de face quadrillée au-dessus sur la plaque poreuse du dispositif de filtration. Nous avons agité soigneusement le flacon d'eau de source à analyser et versé stérilement (dans la zone de stérilité du bec bunsen) 100ml de la prise d'essai. Nous avons ouvert le robinet de la rampe pour que l'eau soit écoulee et aspirée. Une fois l'eau est filtrée, nous avons enlevé le filtre avec une pince stérile en le saisissant par son bord et nous l'avons déposé dans une boîte de pétrie sur le milieu de culture CCA préparée préalablement en prêtant attention à ne pas piéger les bulles d'air. Nous avons incubé la boîte le couvercle en bas dans une étuve à 36 ± 2 °C pendant 21 ± 3 heures. (Figure 15).

➤ **Lecture**

• **Test de présomption**

Après l'incubation, l'absence des colonies donc l'absence des coliformes totaux et fécaux.



Figure 15 : Milieu CCA pour l'incubation des Coliformes totaux et fécaux (Photographie originelle, 2023).

2.6.2. Dénombrement des streptocoques

2.6.2.1. Méthode par filtration sur membrane

➤ **Principe**

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux ou streptocoques fécaux du groupe « D » dans l'échantillon d'eau de source à analyser par filtration sur membrane poreuse. Cette méthode nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon deux étapes ; le test présomptif qui sert à indiquer la présence des streptocoques et cela dans un milieu SLANETZ et le test confirmatif qui confirme leur présence dans un milieu BEA (Figure 17).

➤ **Mode opératoire**

Après la stérilisation du dispositif de filtration, nous l'avons refroidi tout de suite en versant une quantité de l'eau de source à analyser (si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile) dans l'entonnoir, en même instant, le robinet est ouvert afin d'aspirer l'eau par la pompe. Nous avons ensuite placé de façon aseptique un filtre d'une porosité nominale de $0,45\mu\text{m}$ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Nous avons versé 100 ml de l'échantillon d'eau de source, devant le bec bunsen, dans l'entonnoir puis nous avons actionné la pompe à vide ce qui permet le passage de l'eau par le filtre et l'isolement des bactéries. Nous avons retiré l'entonnoir puis transféré immédiatement

et aseptiquement le filtre à l'aide d'une pince à bouts arrondis stériles, sur la surface d'une plaque de gélose Slanetz préalablement préparée et versée dans des boîtes pétries. Nous les avons incubées couvercle en bas dans une étuve à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 heures.

- **Test de présomption**

Après l'incubation, l'absence d'apparition des petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en rouge, marron ou rose, indique l'absence des streptocoques. (Figure 17).

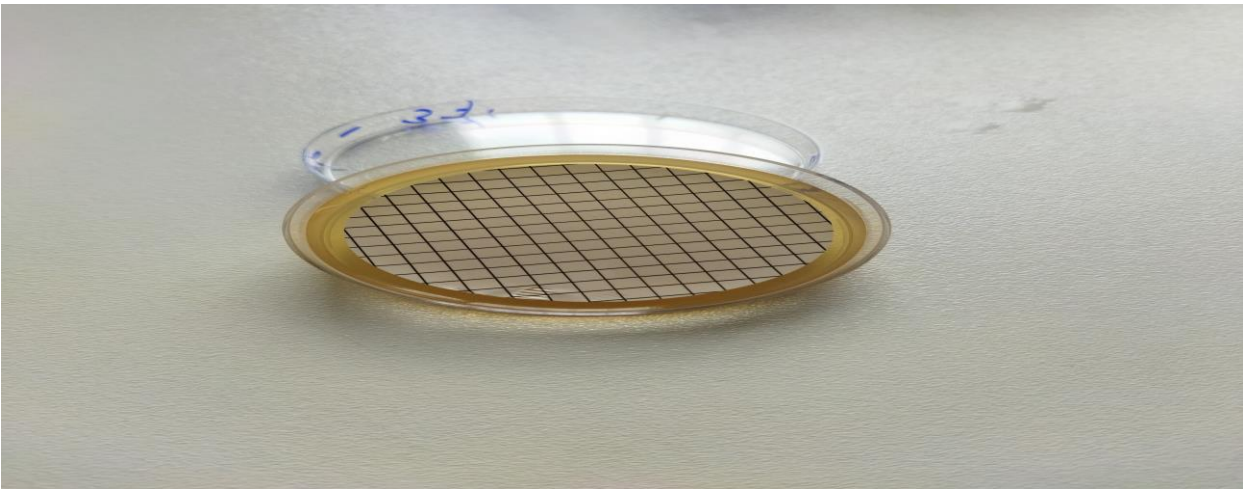
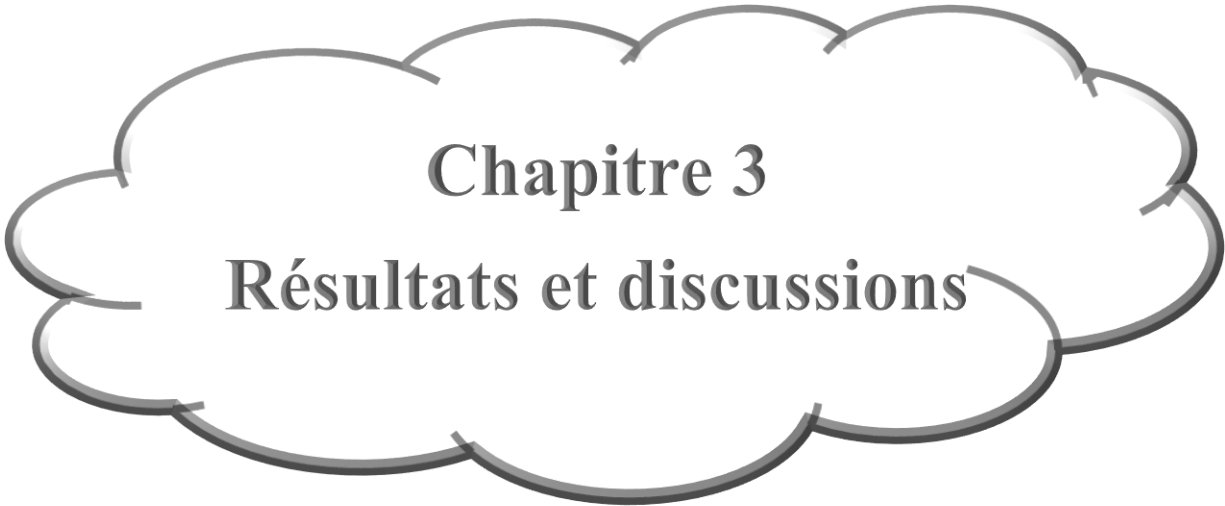


Figure 17 : Milieu SLANETZ pour l'incubation des Streptocoques (Photographie originelle, 2023).



Chapitre 3
Résultats et discussions



1. Résultats des analyses organoleptiques

1.1. Couleur

L'eau de la source TIZI TGHIDET est limpide ; ceci revient aux faibles teneurs en matières susceptibles de provoquer une coloration de l'eau.

1.2. Odeur

L'eau de la source étudiée est inodore, ce qui indique que l'eau est pure et dépourvue de bactéries et de substances polluantes qui sont les principaux facteurs qui confèrent une odeur non souhaitable.

1.3. Goût

Le goût de l'eau de la source analysée est amé en raison de la faible teneur en minéraux, et aussi un pH légèrement acide 5,61 également à la faible activité des microorganismes.

2. Résultats des analyses physico-chimiques

2.1. Température

La figure 19 représente les valeurs de la température de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

Nos résultats ne concordent pas avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI qui ont étudiées la source Lainsar Ouqarmoud situé à niveau de la commune d'Iloula Oumalou dans la région de Tizi-Ouzou pendant la période estivale 2022 d'une valeur de (23,2° C) et ATEK et TOUABI qui ont étudiées la source Aghbalou au niveau de la commune de Makouda dans la région de Tizi-Ouzou pendant la période estivale de 2022 d'une valeur de (23,7°C) et YAHMI et ZEROUKHI qui ont étudiées la source Thala Ouguellidh au niveau de la commune de Mechtras dans la région de Tizi Ouzou pendant la période estivale de 2022 d'une valeur de (23,3°C) qui ont étudié les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de ces sources. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre.

Nous constatons pour cela que La température de l'eau est fortement influencée par le changement de température de l'air qui dépend du climat de la région. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre.

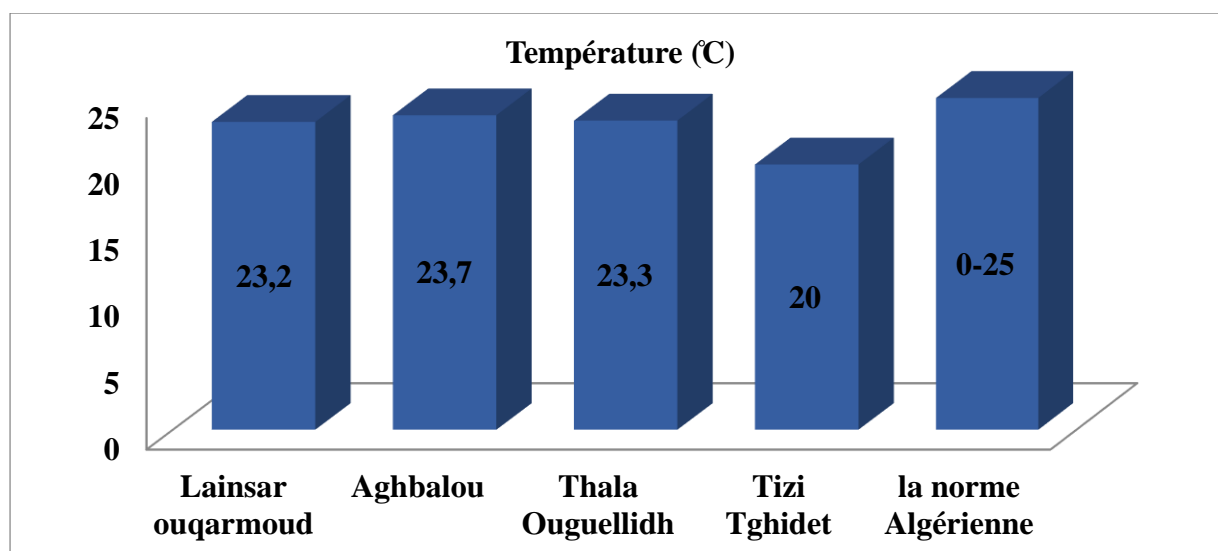


Figure 19 : les valeurs de la température de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

2.2. pH

La figure 20 représente les valeurs du pH de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

Le pH enregistré est acide (5,62) ce qui a rendu cette eau destinée au traitement des calculs rénaux et non à la consommation quotidienne.

Cette légère diminution de pH au niveau de la source Tizi Tghidet peut être expliquée par la nature des terrains traversés par les eaux ainsi la diminution des températures.

Nos résultats ne concordent pas avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI d'une valeur de (8,09) et ATEK et TOUABI d'une valeur de (7,32) et YAHMI et ZEROUKHI d'une valeur de (7,57). Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre. Ces valeurs ne sont pas conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre.

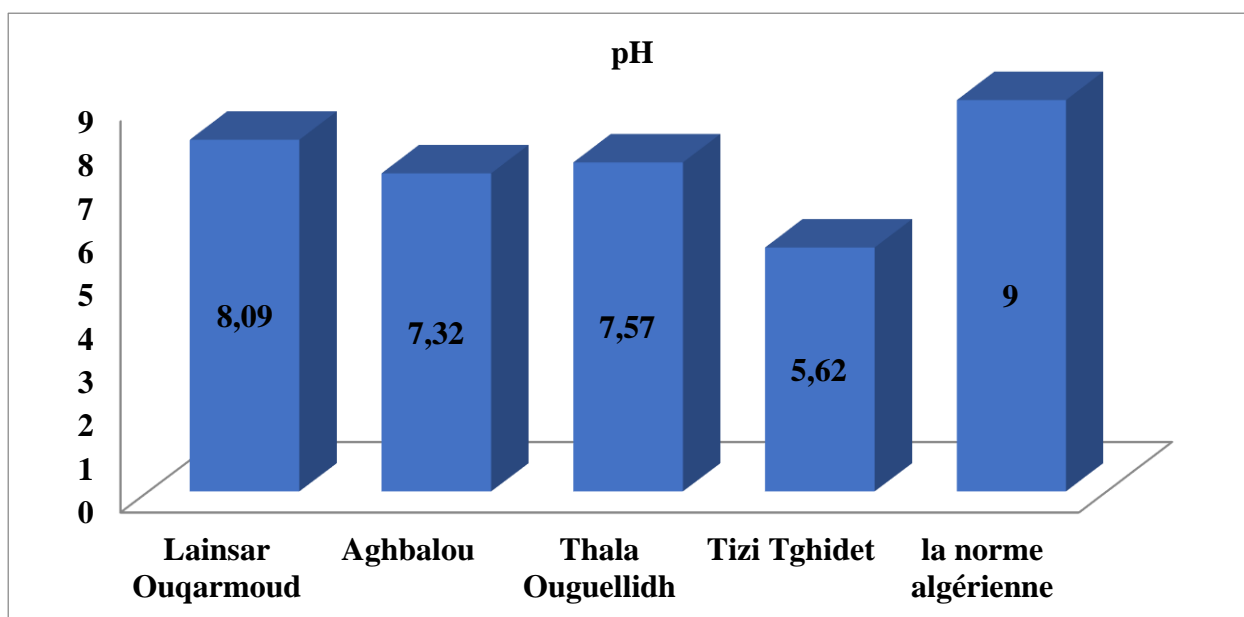


Figure 20 : les valeurs du pH de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

2.3. La conductivité

La figure 21 représente les valeurs de la conductivité de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

L'eau de notre source présente un taux faible de conductivité qui est de (129 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment : elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Plus l'eau est riche en sel minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. Selon PUJEH JUNIOR (2021), les valeurs de la conductivité sont influencées par la température (plus l'eau est froide plus y a diminution de la conductivité, et plus l'eau est chaude, plus l'augmentation de ce paramètre).

Nos résultats ne concordent pas avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI d'une valeur de (244 $\mu\text{S}/\text{cm}$.) et ATEK et TOUABI d'une valeur de (971 $\mu\text{S}/\text{cm}$.) et YAHMI et ZEROUKHI d'une valeur de (538 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre.

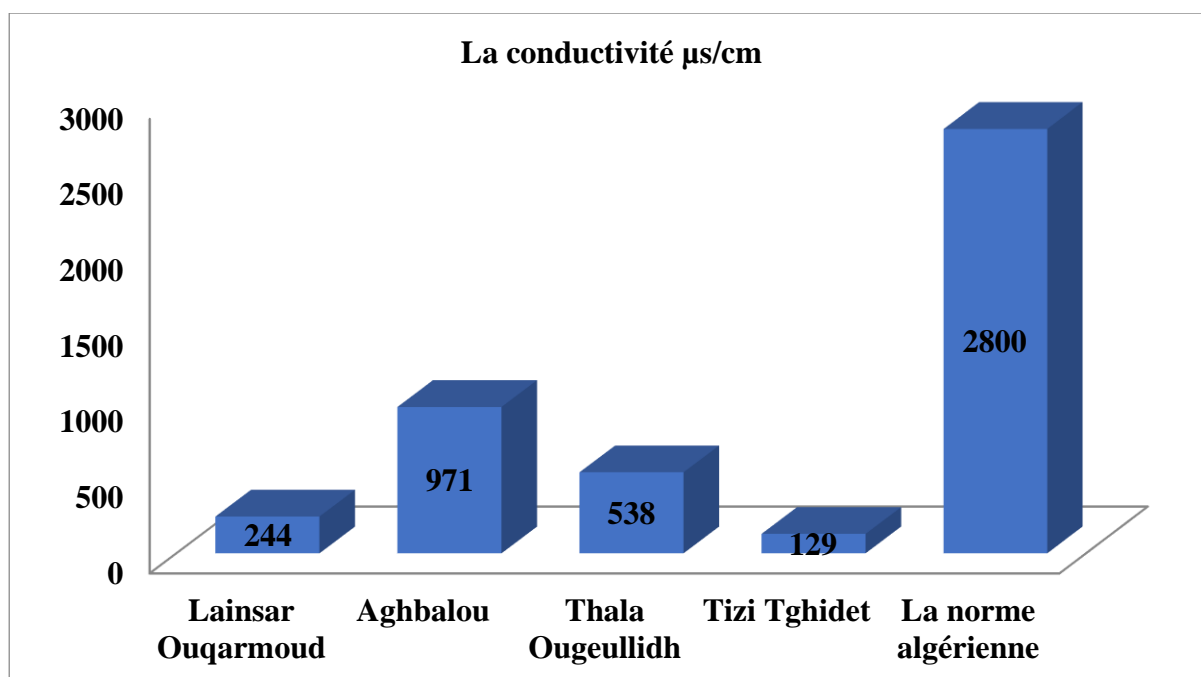


Figure 21 : les valeurs de la conductivité de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

2.4. La turbidité

La figure 22 les valeurs de la turbidité de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

La mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau donc elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.) ; Selon la norme Algérienne qui fixe la turbidité à 5 NTU, l'eau de notre source a une transparence très élevée sachant que la valeur enregistrer de turbidité est 00 NTU et cela serait dû à l'absence de filtration du l'eau dans le sol ; donc ce sont des eaux claires.

Nos résultats concordent avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI d'une valeur de (0,51) et ATEK et TOUABI d'une valeur de (7,32) et YAHMI et ZEROUKHI d'une valeur de (7,57). Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre.

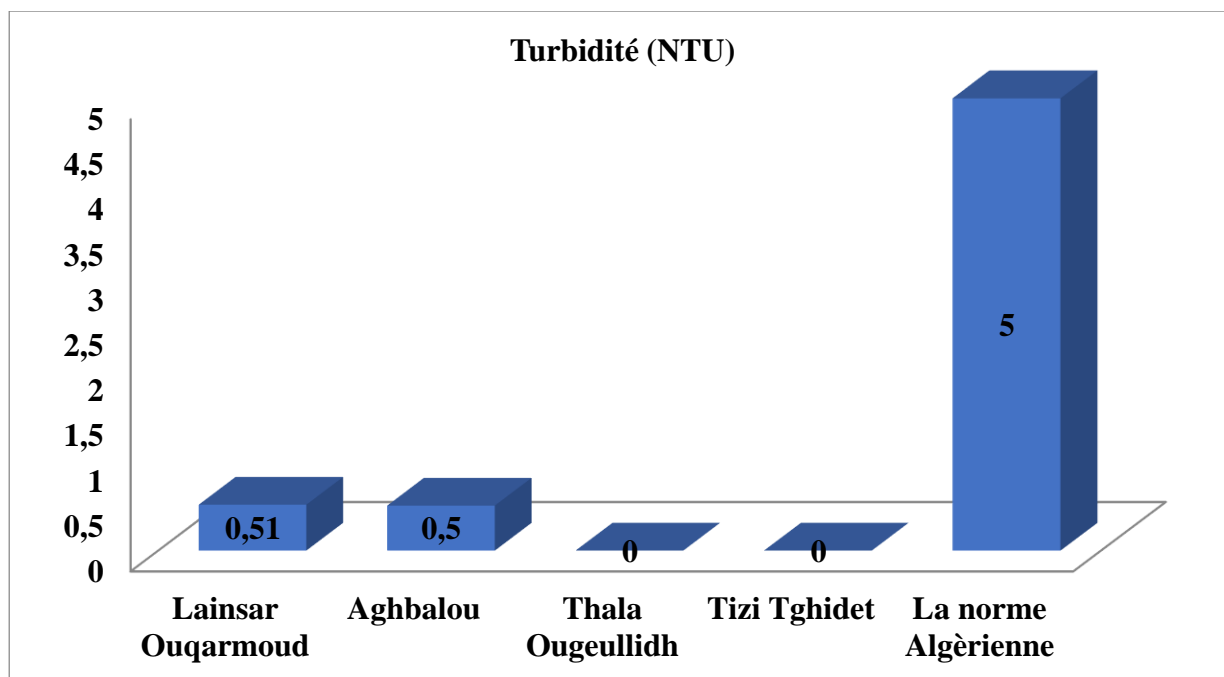


Figure 22 : les valeurs de la turbidité de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

3. Résultats des analyses chimiques

3.1. Résultats des paramètres de minéralisation globale

3.1.1. Dureté calcique

La figure 23 représente les valeurs de la dureté calcique de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

Nos résultats ne concordent pas avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI d'une valeur de (35mg/l), ATEK et TOUABI d'une valeur de (122 mg/l) et YAHMI et ZEROUKHI d'une valeur de (80 mg/l). Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre.

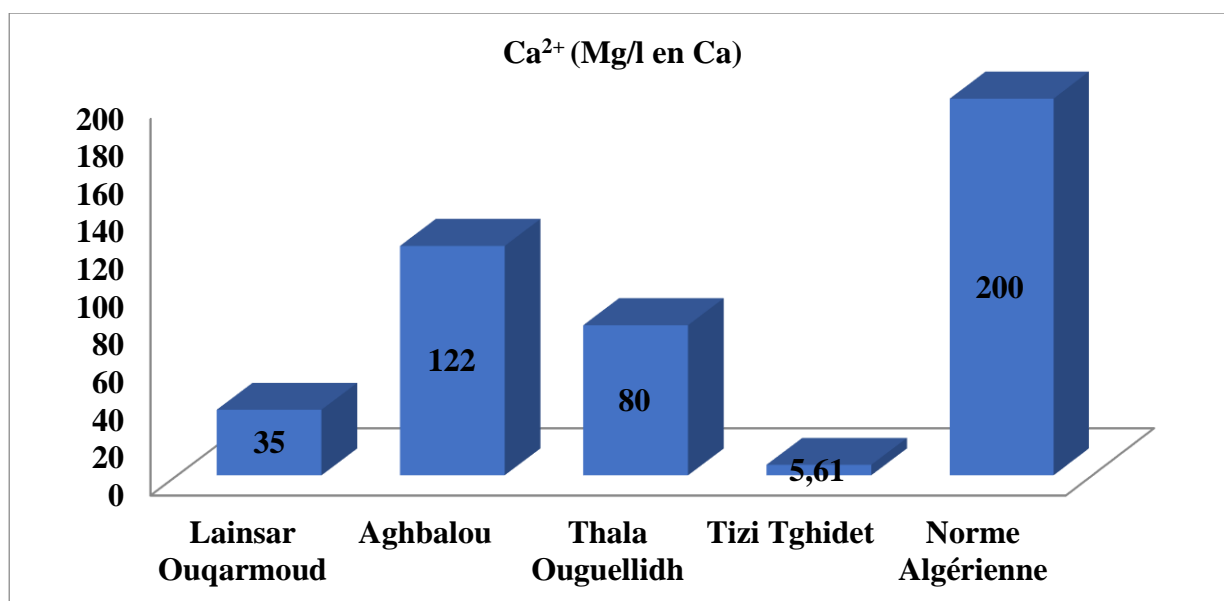


Figure 23 : les valeurs de la dureté calcique de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

3.1.2. Dureté magnésienne

La figure 24 représente les valeurs de la dureté magnésienne de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

Les valeurs obtenues sont inférieures ceci est en relation direct avec l'écoulement rapide de l'eau de la source étudiée et la nature calcaire des terrains traversés.

Nos résultats ne concordent pas avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI d'une valeur de (9mg/l) et ATEK et TOUABI d'une valeur de (14 mg/l) et YAHMI et ZEROUKHI d'une valeur de (29 mg/l). Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre.

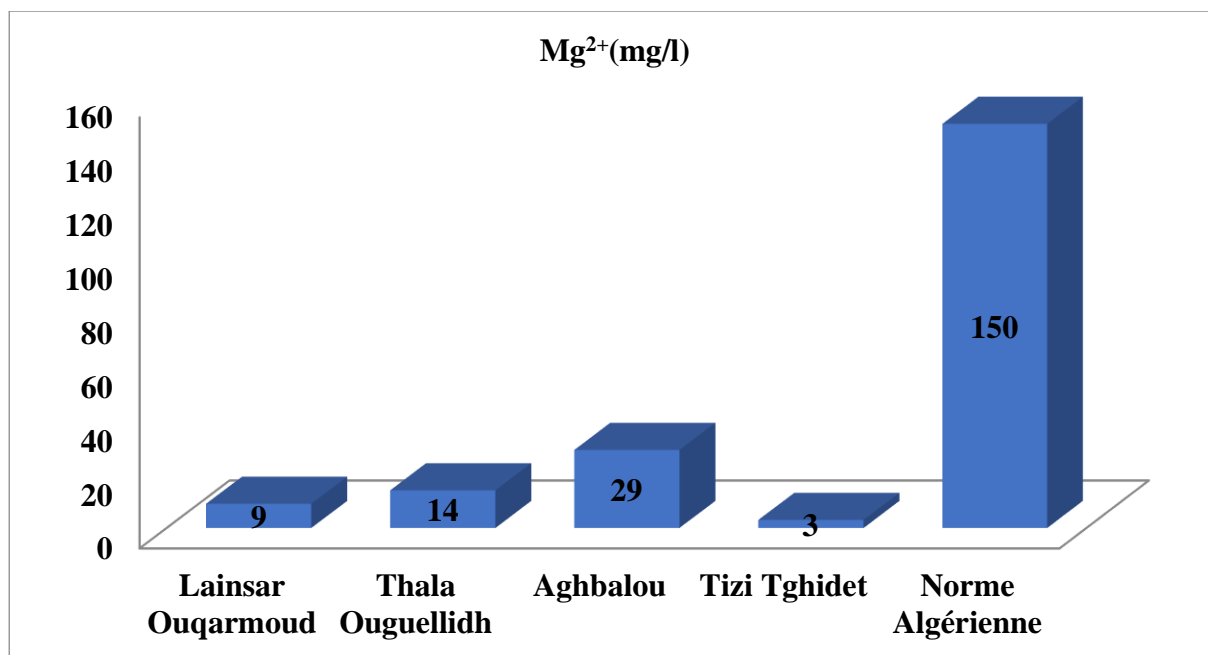


Figure 24 : les valeurs de la dureté magnésienne de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

3.1.3. Titre alcalimétrique simple (TA)

La figure 25 représente les valeurs de TA de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

D'après la figure, la valeur des Bicarbonates enregistrée pendant la période de Mai 2023 est de 00 mg/l. La réglementation Algérienne n'exige aucune valeur pour ce paramètre car quel que soit sa concentration dans l'eau la potabilité n'est pas affectée. Notant que les fortes concentrations des bicarbonates donnent un goût salé à l'eau.

Nos résultats ne concordent pas avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI d'une valeur de (140mg/l) et ATEK et TOUABI d'une valeur de (354 mg/l).

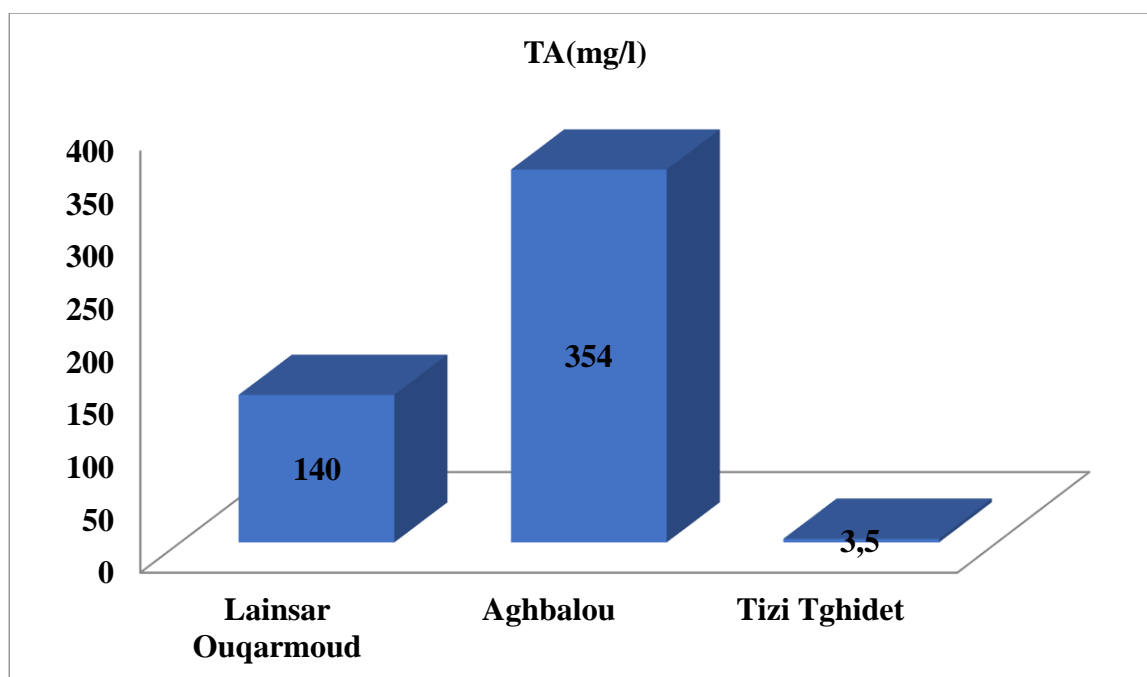


Figure 25 : les valeurs de TA de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

3.1.4. Titre alcalinimétrique complet

La figure 26 représente les valeurs de TAC de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

Les résultats de notre étude ne s'accordent pas avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI qui a une valeur de (115 mg/l.) et ATEK et TOUABI d'une valeur de (290mg/l) et celle de Melle YAHMI et ZEROUKHI d'une valeur de (246mg/l).

D'après l'histogramme, nous remarquons que les valeurs de TAC ne dépassent pas les normes algériennes de la potabilité qui sont fixées à 500 mg/lCaCO₃. En effet, plus le TAC augmente, plus les ions du calcium et magnésium augmente et le contraire. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre.

Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre.

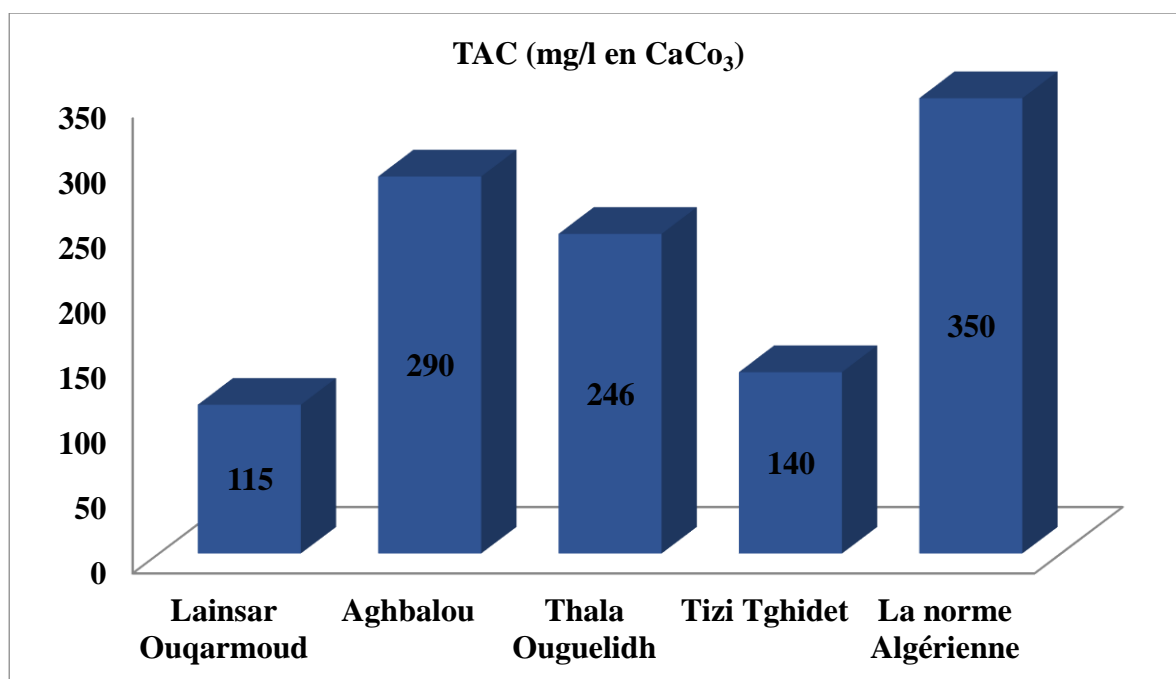


Figure 26 : les valeurs de TAC de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

3.1.5. Chlorure

La figure 27 représente les valeurs des chlorures de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

Les chlorures sont largement répandus dans la nature, ils se trouvent généralement sous forme de sels de sodium (Na Cl) et de potassium (K Cl).

La présence des chlorures dans l'eau permet d'assurer sa désinfection, notamment la destruction de la flore microbienne. En effet, une faible teneur en chlorures ne cause pas de problèmes majeurs concernant la qualité de l'eau, mais en cas de présence d'une pollution, cette faible teneur ne freine pas la prolifération de ces microorganismes pathogène.

Nos résultats ne concordent pas avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI d'une valeur de (10mg/l) et ATEK et TOUABI d'une valeur de (85mg/l) et YAHMI et ZEROUKHI d'une valeur de (25 mg/l). Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre.

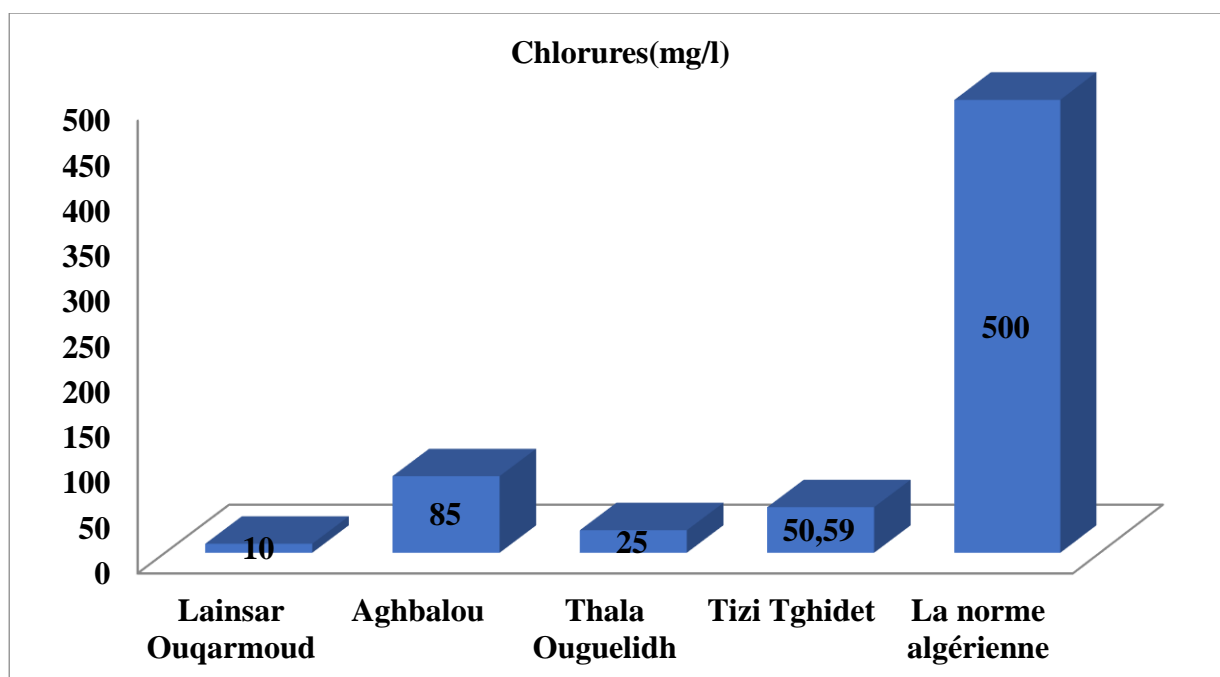


Figure 27 : les valeurs des chlorures de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

3.2. Résultats des paramètres de pollution

3.2.1. Ammonium

La figure 28 représente les valeurs d'ammonium de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

L'eau de la source étudiée ne présente pas d'ammonium, ce qui exclue la présence de pollution pour ce type de paramètre.

Nos résultats concordent avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI, ATEK et TOUABI et YAHMI et ZEROUKHI d'une valeur de (0 mg/l).

Selon la réglementation algérienne qui fixe la valeur limite pour l'ammonium à 0.5 mg/l, cette eau est qualifiée comme potable et ne présente aucun risque sur la santé humaine en effet ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre.

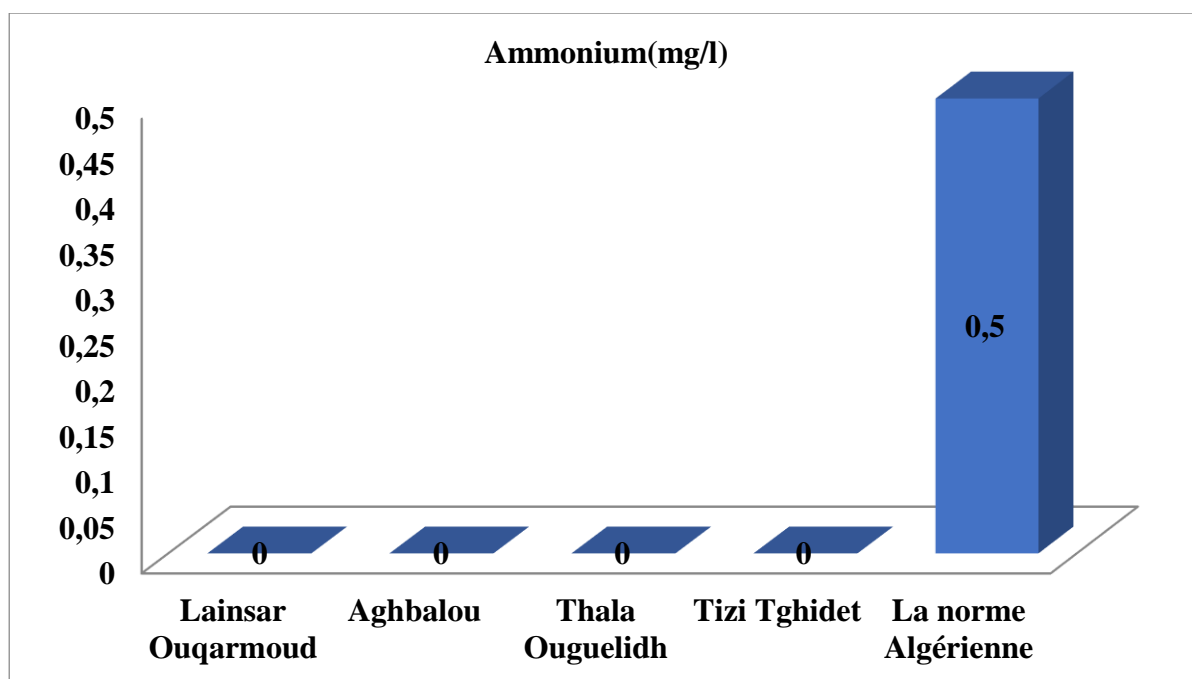


Figure 28 : les valeurs d'ammonium de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

3.2.2. Nitrates

La figure 29 représente les valeurs des nitrates de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

L'eau de la source étudiée présente des traces de nitrates, ce qui exclut la présence de pollution pour ce type de paramètre.

Nos résultats ne concordent pas avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI d'une valeur de (2,4mg/l) et ATEK et TOUABI d'une valeur de (20,7mg/l) et M^{elle} YAHMI et ZEROUKHI d'une valeur de (11,9 mg/l).

L'augmentation de ce paramètre dans notre eau peut être due au lessivage des produits azotés présent dans le sol qui sont responsables de la présence des nitrates dans l'eau, ainsi à la décomposition de la matière organique ou des engrais de synthèse ou naturel. Les valeurs que nous avons notées restent inférieures à la valeur seuil de la réglementation algérienne (50 mg/l). De ce fait, l'eau étudiée n'est pas assujettie à un risque de pollution par les nitrates donc ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre.

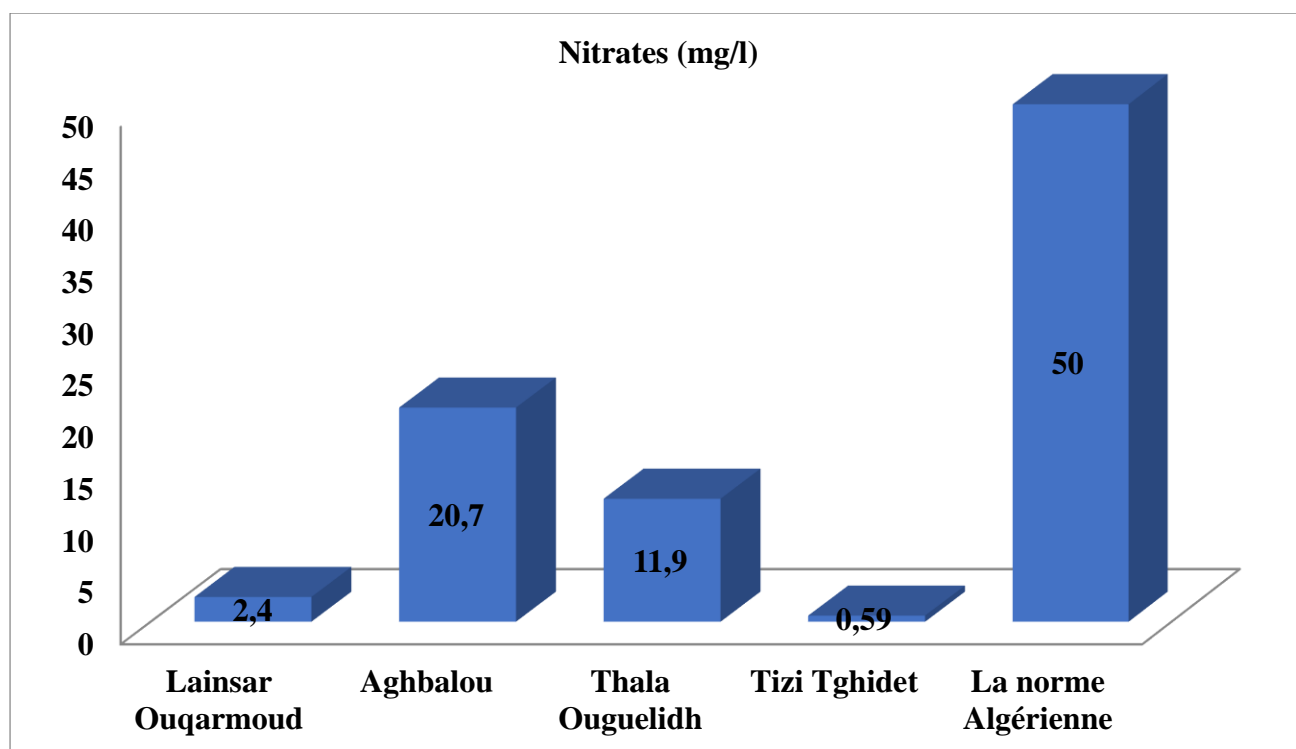


Figure 29 : les valeurs des nitrates de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

3.2.3. Nitrites

La figure 30 représente les valeurs des nitrites de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

L'eau de la source étudiée ne présente pas de nitrites, ce qui exclue la présence de pollution pour ce type de paramètre.

Nos résultats concordent avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI, ATEK et TOUABI et YAHMI et ZEROUKHI d'une valeur de (0 mg/l) qui ont étudiées les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de ces sources.

Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux pour ce paramètre ce qui signifie que cette eau est potable et dépourvue de la pollution.

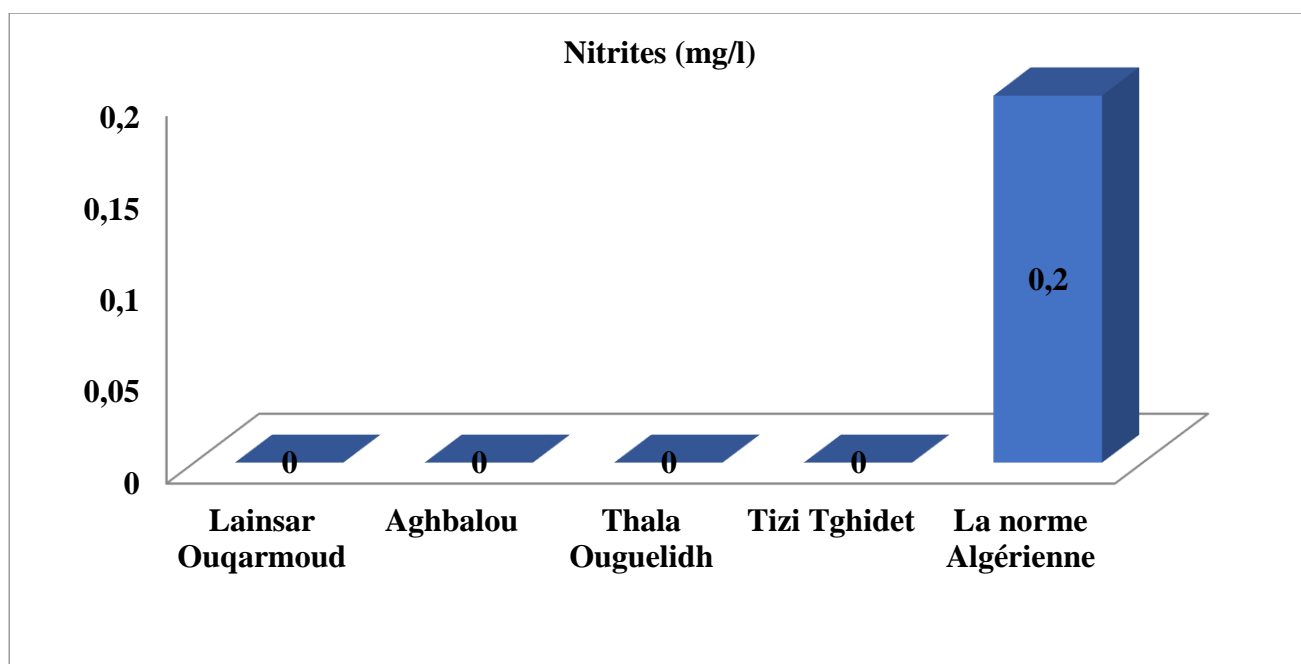


Figure 30 : les valeurs des nitrites de la source Tizi Tghidet comparé à d'autres sources dans la région de Tizi Ouzou.

4. Résultats des analyses bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques de la source étudiée sont présentés dans le tableau 10)

Tableau 10 : Résultats des analyses bactériologiques de la source d'eau TIZI TGHIDET.

Germes Lieu de prélèvement	Coliformes totaux (C/100 ml)	E. coli (C/100 ml)	Streptocoques fécaux (C/100 ml)
Source d'eau TIZI TGHIDET	0	0	0
Norme algérienne	=00/100 ml	=00/100 ml	=00/100 ml

4.1. Coliformes fécaux (Escherichia Coli)

Escherichia Coli est un indicateur d'une pollution fécale, sa présence dans l'eau provient essentiellement, de la matière fécale des mammifères (RODIER et al. 2009).

D'après nos résultats (Tableau 10), nous remarquons que le taux des *E. Coli* est nul pour notre source étudiée.

Nos résultats concordent avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI, ATEK et TOUABI qui ont des valeurs nulles et ne concordent pas avec les travaux YAHMI et ZEROUKHI avec une valeur de (8 C/100 ml)) qui ont étudiées les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de ces sources

4.2. Coliformes totaux

La présence des coliformes totaux dans l'eau n'indique généralement pas une contamination d'origine fécale, néanmoins certaines souches identifiées peuvent dégrader la qualité bactérienne d'une eau. D'après le tableau 10, nous constatons absence de bactéries coliformes (0 C/100 ml) pour notre source.

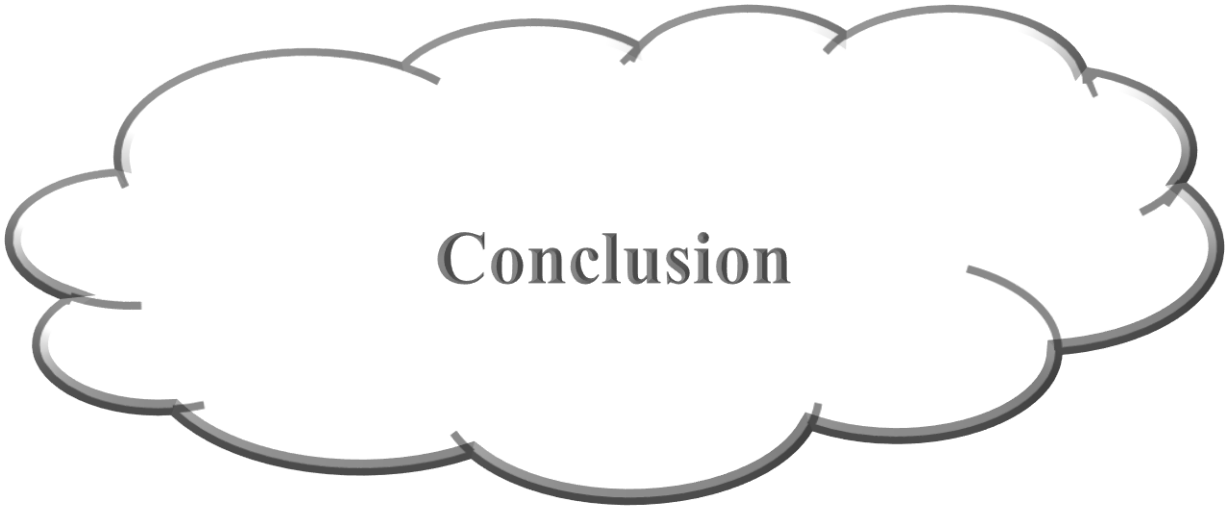
Nos résultats concordent avec les travaux de ATEK et TOUABI qui ont une valeur nulle et ne concordent pas avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI avec une valeur (10 C/100 ml) et YAHMI et ZEROUKHI avec une valeur de (33 C/100 ml).

4.3. Streptocoques fécaux

Les streptocoques sont des bactéries indicatrices d'hygiène dans le monde entier, leur présence indique que l'eau de la source n'est pas hygiénique.

Nous avons enregistré (Tableau 8) une valeur nulle (0 C/100ml) de streptocoques fécaux pour la source Lainsar Chinois, nous induisons l'absence de contamination fécale.

Nos résultats concordent avec les travaux de CHEGRANI et HAMMOUDI, ATEK et TOUABI et YAHMI et ZEROUKHI d'une valeur de (0C/100ml).



Conclusion

Notre étude porte sur l'évaluation de la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source TIZI TGHIDET située dans la commune de Yakourene wilaya de Tizi Ouzou, au cours de notre travail nous avons effectuée des analyses au sein de laboratoire de contrôle de qualité et de conformité **SABRINNEL** situé à Alger.

Les résultats obtenus nous ont permis de qualifier l'eau de la source étudiée :

- Sur le plan organoleptique l'échantillon d'eau prélevé pendant la période de Mai 2023 était incolore, inodore et insipide.

- Sur le plan physico-chimique, la majorité des paramètres conformes aux normes algériennes de potabilité des eaux
 - La température enregistrée est de 25°C.
 - Le pH enregistré est légèrement acide (5,62) ce qui a rendu cette eau destinée au traitement des calculs rénaux et non à la consommation quotidienne.
 - La valeur de la conductivité est 129 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et la turbidité est nulle.
 - Pour les paramètres de minéralisation globale la valeur de la dureté calcique est 5,61 Mg/l et la valeur de la dureté magnésienne est 3 mg/l'eau de la source présente une minéralisation très faible, cette minéralisation se traduit par une diminution de la conductivité.
 - Pour le titre alcalimétrique TA (Bicarbonates) la réglementation Algérienne n'exige aucune valeur pour ce paramètre car quel que soit sa concentration dans l'eau la potabilité n'est pas affectée. Pour le titre alcalimétrique complet (Carbonates) la valeur est faible 140 mg/l.
 - La concentration des chlorures est inférieure 50,59 mg/l ce qui rend l'eau de la source vulnérable à une éventuelle pollution par les micro-organismes.
 - Sur le plan pollution organique, les eaux de la source marque une absence de la pollution ammoniacale, nitrique.

- Sur le plan bactériologique, nous avons marqué l'absence des coliformes totaux, *E. Coli* et les streptocoques fécaux ce qui qualifie l'eau de la source de bonne qualité bactériologique.

D'après les résultats des analyses physicochimiques et bactériologiques de l'eau de la source TIZI TGHIDET obtenus sur la période d'échantillonnage Mai 2023, nous déduisons que l'eau répond aux normes fixées par la législation algérienne mais cette eau n'est pas destinée à la consommation quotidienne à cause des faibles teneurs en minéraux (Ca^+ , Mg^+) ce qui nous permet de dire que cette eau est utilisée pour le traitement des calculs rénaux.

Enfin, nous pouvons annoncer quelques recommandations jugées utiles pour la préservation des eaux de la source :

- Sensibilisation des populations contre les maladies à transmission hydrique et les risques éventuelles ;
- Amélioration des réseaux des eaux usées au niveau des villages ;
- Surveillance et suivie de la qualité physicochimiques et bactériologiques des sources;
- Contrôle des eaux de sources par la réalisation de plusieurs prélèvements à différentes périodes de l'année ;
- Préservation et protection des eaux de sources contre les pollutions par le respect des périmètres de protection et interdictions des activités polluantes aux alentours.
- Embouteiller ces eaux dans des bouteilles pour faire informer les autres de l'efficacité de ces eaux pour le traitement des calculs rénaux et non à la consommation quotidienne.



Références bibliographiques

1. **AKHLAQUE S., AAQUEB S., RAZA U., RAFIQUE S et NADEEM N., (2017).** Wastewater treatment by aeration method. IJCRT. 5 (4): p 869-874.
2. **AL-SAFADY M., (2010).** Water and Environment. Institutes of Water and Environmental Science. Al-Azhar University- Gaza Palestine,p59 .
3. **ANONYME., (2004).** Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson, p12.
4. **ANONYME., (2006).** Directives de qualité pour l'eau de boisson.3eme Edition, Volume 1, p10.
5. **ANONYME., (2017).** Organisation Mondiale de la Santé. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 4^{ème} Edition, p564.
6. **BELGHITI M., CHAHLAOUI A., BENGOUMI D et EL MOUSTAINE R., (2020).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de meknès (Maroc). Larhyss Journal n°14 : p21-36.
7. **BOISLEVE B., (2010).** Structure et propriétés de l'eau. Holosys Editions,p 22.
8. **BONTEMPS M., (2021).** L'eau dans tous ses états : les minéraux et les oligo-éléments, p3.
9. **CHADEN M., (2014).** Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : Approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en Géoscience. Ecole doctorale RP2E Université de Lorraine,268p.
10. **DESILLE D., (2012).** Conservation et traitement de l'eau à domicile. Guide pratique : Programme Solidarité Eau,p37.
11. **DIAB W., (2016).** Étude des propriétés physico-chimiques et colloïdales du bassin de la rivière Litani, Liban. Thèse de doctorat en Géosciences Université de Lorraine,p214.
12. **DIARY A., TWANA O., PISHAWA M et AL-ANSARI N., (2019).** Soil and groundwater pollution assessment and delineation of intensity risk map in Sulaymaniyah City, NE of Iraq. Water. 11(10): p1-24.
13. **HANE M., DIAGNE I., NDIAYE M., NDIAYE B., DIONE T., CISSE D et DIOP A., (2020).** Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits et de forage consommées dans la commune de Sinthiou Maléme dans la région de Tambacounda (Sénégal). IJBCS. 14(9) : p3400-3412.

14. **HARTEMANN PH., (2013).** EAU DE CONSOMMATION, RISQUE, SANTÉ. Sciences Eaux & Territoires.1(10) : p14-21.
15. **HENRI S., (2012).** Le droit à l'eau potable et à l'assainissement. 6ème Forum mondial de l'eau. Edition Johanet, Paris, p518.
16. **ILTACHE L., (2015).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de deux communes « THALA-ATHMAN Et YAKOURENE » Wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master. Faculté des sciences biologiques et agronomiques. Département de biologie animale et végétale. Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, p77.
17. **JOHN P. et DONALD A., (2010).** Microbiologie, 3ème Edition, 1216 p.
18. **KENNETH.M., (1976).** Biologie de la pollution. Librairie Vuibert. Paris, p18.
19. **LACHASSAGNE P., (2021).** Les eaux minérales naturelles. Encyclopédie de l'environnement, p9.
20. **MADJDOUB R., COTE C et DUCHEMIN M., (2015).** Risque de contamination microbiologique des eaux souterraines et mesures préventives à adopter. Vecteur environnement. 37(2) : p61-66.
21. **MEDDOUR R., (2010).** Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie exemple des groupements forestier et pré forestiers de la kabylie djurdjurienne.thèse de doctorat d'état et science en foresterie. Université MMTO, p78.
22. **MEHTAB H., MUHAMMAD M., JAVED A., ARSHAD S., NAYAB A., SHARON Z et JAWERIA H., (2017).** Water pollution and human health. Environ Risk Assess Remediat. 1(3): p16-19.
23. **MELLAH K., BEKIRI F., HECINI L., KHERIFI W et RECHACHI M., (2020).** Adoucissement par précipitation à la chaux couplée avec le sulfate d'aluminium des eaux de l'albien d'Ain Sahara (Touggourt, Algérie). JARA.14(2) : p6-17.
24. **MESSAOUDENE M, OURDANI A, LOUKKAS A, MARCHAL R., (2008).** propriété physique du bois de chêne Zeen de la forêt des Ait ghabri (Algérie) Bois et forêt des Tropiques, N°284(4).
25. **MOUCHET P., ROUSTAN M., (2016).** Caractéristiques et propriétés des eaux-eau pure, eaux naturelles. Technique de l'ingénieur. Edition T.I,p23.
26. **NGUYEN Ph., TOUMBOU B., DUCHESNE S., KOKUTSE N et VILLENEUVE J., (2018).** Evaluation de l'impact de la pollution diffuse sur la qualité de l'eau en rivière avec données restreintes : cas d'application du bassin versant de la rivière Cau. Science de l'eau. 31(3) : p293-312.

27. **NWABOR O., NNAMONU E., MARTINS P et ANI OGOONNA Ch., (2016).** Water and Waterborne Diseases: A Review. *IJTDH*. 12(4): p1-14.
28. **PHOK R., (2015).** Spring water. Geological Engineering Department, Gadjah Mada University, p9.
29. **PUJEH JUNIOR M., (2021).** Physicochemical and bacteriological analysis of the quality of sachet water and their source point (spring box) consumed in Bo city, Sierra Leone. *JECE*. 13(1) : p14-22.
30. **RAMADE F., (2005).** Dictionnaire Encyclopédique des sciences de l'eau. Edition Ediscience International, Paris, France, p9.
31. **REJSEK F., (2002).** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Série science et techniques de l'environnement Ed. Scérén. France : p138-142.
32. **ROBERT É., (2014).** Turbidité et risques dans le bassin versant de la Doubégué (Burkina Faso). *BAGF*. 91(3) : p355-372.
33. **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., (2009).** L'analyse de l'eau. 9^{ème} éd. Dunod. Paris, p1579.
34. **ROUGIER H. et WACKERMANN G. (2009).** L'eau ressources et usages. Ellipses, p22.
35. **ROUSTAN M., (2014).** Eau : Données et statistiques. Techniques de l'ingénieur TE, p30.
36. **SCHRIVER-MAZZUOLI L., (2012).** La gestion durable de l'eau. Ressources. Qualité. Organisation. Dunod,256p.
37. **SORAN-N S., (2021).** The physical and chemical properties of water. Kirkuk University, p3.
38. **TOUHARI F., (2015).** Etude de la qualité des eaux de la vallée du haut Cheliff. Thèse de doctorat Es-Science. Ecole nationale supérieure d'hydraulique, p177.

Résumé

L'objectif de notre travail est d'évaluer la potabilité d'une source d'eau TIZI TGHIDET située dans la commune de Yakourene, (Tizi-Ouzou, Algérie) par une analyse des paramètres physicochimiques et bactériologiques sur une période de Mai 2023, comparée à la norme algérienne de potabilité. Les résultats obtenus montrent que l'eau analysée présente une minéralisation très faible avec une conductivité qui égale à 129 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les paramètres physicochimiques analysés répondent aux normes algériennes de potabilité. Quant aux paramètres de pollution organiques, nous avons enregistré l'absence de la pollution ammoniacale et nitrique. Les tests bactériologiques ont marqué l'absence totale des coliformes totaux et fécaux et des streptocoques fécaux, nous pouvons conclure que cette eau est potable ne présente pas de danger sur la santé publique sachant que cette source est destinée au traitement des calculs rénaux.

Abstract

The objective of our work is to assess the potability of a Lainsar TIZI TGHIDET source located in Yakourene, Tizi Ouzou, Algeria by analyzing the physiochemical and bacteriological parameters over a period of May 2023 compared to the Algerian potability standard.

The obtained results show that the analyzed water has very low mineralization conductivity 129 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

The physiochemical parameters analyzed are conform to the Algerian standers of potability but in small quantities. As for the organic pollution parameters, we recorded the absence of ammoniacal and nitric pollution.

The bacteriological tests marked the total absence of total and faecal coliforms and faecal streptococci, we can conclude that this water is drinkable and does not present a danger to public health knowing that this source is intended for the treatment of kidney stones.

ملخص

الهدف من عملنا هو تقييم قابلية الشرب لمصدر مياه تيزي تغيضت الواقع في بلدية يكوران ولاية تيزي وزو الجزائر من خلال تحليل العوامل الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية في فترة ماي 2023، مقارنة بمعايير الشرب الجزائرية. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الماء الذي تم تحليله يحتوي على نسبة تعمدن منخفضة للغاية مع موصلية 129 ميكروثانية. العوامل الفيزيائية والكيميائية التي تم تحليلها تفي بالمعايير الجزائرية للمياه الصالحة للشرب، أما بالنسبة لمعايير التلوث العضوي، فقد سجلنا عدم وجود تلوث نشادر ونتريك أظهرت الاختبارات والبكتريولوجية الغياب التام للبكتيريا القولونية المقاومة للحرارة والمكورات العقدية البرازية ويمكننا أن نستنتج أن هذه المياه صالحة للشرب. في النهاية نستنتج أن هذه المياه لا تصلح للاستهلاك اليومي بسبب نقص المعادن فيه في النهاية نستنتج أن هذه المياه وانخفاض نسبة الحموضة مما يجعلها موجهة للاستعمال لأغراض تفتيت حصى الكلى.