

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

**Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences Biologiques et sciences Agronomiques
Département de Biologie**



*Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention de diplôme de Master en écologie et environnement
Spécialité : Ecologie animale*

Thème

**Analyse de la qualité physico-chimique et
bactériologique de l'eau de la source Thala
Oguellidh au niveau de la commune de
Mechtras dans la région de Tizi Ouzou.**

Présenté par :

M^{lle} YAHMI HANANE

M^{elle} ZEROUKHI DALILA

Évalué par le jury composé de

Grade

Lieu d'exercice

Président : M^{me} CHAOUCHI-TALMAT N.

MCA

UMMTO

Promoteur : M^r MEZANI S.

MCA

UMMTO

Co-promotrice : M^{me} LARDJANE N.

Professeure

UMMTO

Examinatrice : M^{me} YAKOUBI S.

MAB

UMMTO

Année universitaire 2021 /2022

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement M^r MEZANI S., Maitre de conférence classe A à l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou et M^{me} LARDJANE N., Professeure à l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou de nous avoir encadré et dirigé notre travail ainsi que leurs encouragements, soutiens et leurs disponibilité tout au long de l'élaboration de notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à M^{me} CHAOUCHI N., Maitre de conférences classe A à l'université mouloud MAMMERI pour l'honneur qu'elle nous a faite en acceptant la présidence du jury.

Nous voulons adresser nos plus vifs remerciements à M^{me} YAKOUBI S., Maitre assistante classe B à l'université Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous remercions également monsieur ASLA T. enseignant-chercheur à la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomique de l'université de Tizi Ouzou de nous avoir aidé dans l'identification des espèces végétales qui se trouvent aux alentours de la source d'eau, et madame LAMRI T. enseignante-chercheur à la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques à l'université Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou pour son aide dans l'identification des caractéristiques du sol de notre source étudiée.

Nous tenons à remercier M^{me} LADJAL S., ainsi que tout le personnel que nous avons côtoyé durant notre stage au sein de laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE) pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'ils nous ont fait vivre durant notre période de stage.

Nos remerciements les plus sincères sont surtout adressés à nos parents, nos familles et chers amis qui, sans leur aide et soutien, l'accomplissement de notre travail n'aurait été pas abouti.

Dédicace

Au nom de dieu le clément et miséricordieux

Je tiens à dédier ce modeste travail pour tous les efforts que vous avez fourni pour arriver à mon but.

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance

A mes chers frères : Lounis et Youva

A mes chères sœurs : Salîha et Sabrina

A mon mari Smail qui ma toujours encouragé et soutenu dans les moments les plus durs, je te souhaite une vie pleine de bonheur

A tous les membres de ma famille petits et grands

A mes meilleurs amis : Kamelia, Katia , massicelia

A ma chère binôme Hanane. Ma sœur de cœur, pour les moments de bonheur passés ensemble.

A tous ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dalila

Dédicace

Au nom de dieu le clément et miséricordieux

Je tiens à dédier ce modeste travail pour tous les efforts que vous avez fourni pour arriver à mon but.

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, la source de mon courage et mon espoir dans la vie.

A mes chères sœur : Samah

A mes chers frères : Merouane et mouhammed.

A tous les membres de ma famille petits et grands

A mes meilleurs amis : Katia , Massicelia.

A ma chère binôme Dalila ma deuxième sœur, pour les moments de bonheur passés ensemble.

A tous ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Hanane

Tableau 01 : Classification des eaux selon leur pH.

Tableau 02 : Rapport entre la conductivité et la minéralisation.

Tableau 03 : Relation entre la dureté de l'eau et la concentration équivalente en CaCO_3 .

Tableau 04 : hydriques d'origines bactériennes.

Tableau 05 : Maladies hydriques d'origines virales.

Tableau 06 : Maladies hydriques d'origines parasitaires.

Tableau 07 : Matériels et les méthodes utilisés pour le dosage des paramètres physico-chimiques.

Tableau 08 : résultats des analyses bactériologiques de la source d'eau Thala Oguellidh.

Figure 01 : Source Thala Oguellidh.....	18
Figure 02 : Localisation satellite de la source Thala Oguellidh.....	19
Figure 03 : Végétation qui entoure la source Thala Oguellidh.....	20
Figure 04 : Sol de la source Thala Oguellidh.....	20
Figure 05 : pH-mètre.....	24
Figure 06 : Conductimètre	25
Figure 07 : Turbidimètre HACH2100N.....	25
Figure 08 : Dosage du titre alcalimétrique.....	26
Figure 09 : Dosage du titre alcalimétrique complet TAC.....	27
Figure 10 : Dosage de calcium.....	28
Figure11 : Dosage des chlorure.....	30
Figure12 : Spectrophotomètre à flamme.....	31
Figure13 : Spectrophotomètre HACH.....	32
Figure 14 : Dosage de l'ammonium.....	33
Figure15 : Dosage des nitrites.....	33
Figure16 : Dosage des nitrates.....	34
Figure17 : Dosage des phosphates.....	35
Figure18 : Dosage du fer.....	36
Figure19 : Dénombrement des coliformes et <i>Escherichia-coli</i> par la méthode solide	40
Figure20 : Dénombrement des coliforme et <i>Escherichia-coli</i> par NPP.....	43
Figure21 : Dénombrement des streptocoques par NPP.....	45
Figure22 : Valeurs du Ph enregistrés dans la source d'eau étudiée.....	47
Figure23 : Variation de la conductivité dans la source d'eau étudiée.....	48
Figure24 : Variation de la température dans la source d'eau étudiée.....	49
Figure25 : Variation du titre alcalimétrique dans la source d'eau étudiée.....	50
Figure26 : Variation de la dureté totale dans la source d'eau étudiée.....	51
Figure27 : Variation du calcium dans la source d'eau étudiée.....	52
Figure28 : Variation de magnésium dans la source d'eau étudiée.....	53
Figure29 : Variation du sodium dans la source d'eau étudiée.....	54

Figure 30 : Variation du potassium dans la source d'eau étudiée.....	55
Figure 31 : Variation de du chlorure dans la source d'eau étudiée.....	56
Figure 32 : Variation des bicarbonates dans la source d'eau étudiée.....	57
Figure 33 : Variation du fer dans la source d'eau étudiée.....	58
Figure 34 : Variation de l'ammonium dans la source d'eau étudiée	59
Figure 35 : Variation des nitrates dans la source d'eau étudiée.....	60
Figure 36 : Variation des phosphates dans la source d'eau étudiée.....	61
Figure 37 : Variation de la matière organique dans la source d'eau étudiée.....	62

°C : Degré Celsius.

μS/cm : Micro-siemens par centimètre.

ADE : Algérienne des eaux.

BCPL : Bouillon lactosé au pourpre de bromocresol.

BLVB : Bouillon lactosé Billié au vert Brillant.

CE : Conductivité électrique.

DBO : Demande biologique en oxygène.

DC : Double concentré.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DO : Oxygène dissous.

E. Coli : *Escherichia coli*.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tetraacétique.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

EVA : Bouillon lactosé à l'éthyle de violet et à l'acide de sodium.

MES : Matières en Suspension.

mg/l : Milligramme par litre.

MTH : Maladies à Transmissions Hydriques.

NA : Norme algérienne.

NPP : Nombre le Plus Probable.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : l'Organisation Mondiale de la Santé.

PCB : Les polychlorobiphényles.

pH : Le potentiel Hydrogène.

S/m : Siemens par mètre.

SC : Simple concentré.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TH : Titre Hydrotimétrique. μg/l : Microgramme par litre.

UV : Ultra violet.

Introduction :	1.
----------------------	----

Chapitre I : Généralités sur l'eau

1. Définition d'une eau naturelle.....	3.
2. Propriétés de l'eau.....	3.
3. Eau potable	
3.1.Définition d'une eau potable.....	3.
3.2.Les normes de potabilité.....	4.
3.2.1. Selon le code Algérien des eaux.....	4.
3.2.2. Selon L'O.M.S.....	4.
4. Eau de source.....	4.
5. Différentes types de source.....	4.
6. Traitement des eaux de source.....	5.
7. Législation de l'eau.....	5.
8. Paramètres et qualités d'une eau potable	6.
8.1 . Paramètres organoleptiques.....	6.
8.2 . Paramètres physico-chimiques	
8.3.Paramètres de la minéralisation globale..... ;;;;;;;	10.
8.4.Paramètres indésirables..... ;;	11.
8.5.Paramètres de toxicité.....	12.
8.6.Paramètres de pollution.....	13.
8.7. Paramètres bactériologiques.	16.
9. Maladies à transmission hydriques.	17.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

1. Présentation de la zone d'étude.....	18.
1.1. Situation géographique.....	19.
1.2. Situation climatique.....	19.
1.3. Couvert végétale.....	19.
1.4. Sol.....	20.
2. Echantillonnage.....	20.

2.1. Echantillonnage pour analyse physico-chimique.....	21.
2.2 .Echantillonnage pour analyse bactériologique.....	21.
2.3 .Transport et conservation des échantillons.	22.
2.4 .Milieux de cultures.....	22.
3 Matériels et méthodes.....	23.
4 Analyses physico-chimiques.....	23.
4.1 . Température.....	24.
4.2 . Potentiel d'hydrogène (pH).....	24.
4.3 . Conductivité.....	24.
4.4 . Turbidité.....	25.
4.5. Mesure de la minéralisation globale.....	26.
4.5.1. Alcalinité.....	26.
4.5.2. Dureté totale (titre hydrométrique TH).....	27.
4.5.3. Les ions de Calcium.....	28.
4.5.4. Magnésium.....	29.
4.5.5. Chlorures.....	29.
4.5.6. Sodium et Potassium	30.
4.5.7.Sulfates.....	31.
4.6 Analyse des paramètres de pollution.....	32.
4.6.1.Ammonium [NH ₄ ⁺].....	32.
4.6.2. Nitrites.....	32
4.6.3. Nitrates.....	33.
4.6.4. Phosphates.....	34.

4.7 Dosage des éléments indésirables	35.
4.7.1. Fer.....	35.
4.7.2. Aluminium	35.
4.7.3. Matière organique.....	36.
5 Analyse bactériologique	37.
5.1. Recherche et dénombrement des streptocoques.....	39.

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Paramètres organoleptiques.....	46.
1.1 .Couleur.....	46.
1.2.Odeur.....	46.
2. Paramètres physico-chimiques.....	46.
2. pH	46.
2.2.Conductivité.....	47.
2.3.Température.....	48.
2.4.Paramètres de minéralisation globale.....	49.
2.4.1.Titre alcalimétrique complet TAC.....	49.
2.4.2.Dureté totale.....	50.
2.4.3.Dureté calcique et dureté magnésienne.....	51.
2 .4.3.1.Dureté calcique.....	51.
2.4.3.2. Dureté magnésienne.....	52.
2.4.4.Sodium.....	53.
2.4.5.Potassium.....	54.

2.4.6.Chlorure.....	55.
2.4.7.Bicarbonates.....	56.
3. Paramètres indésirables.....	57.
3.1.Fer ferreux.....	57.
4. Paramètres de pollution	58.
4.1.Ammonium.....	58.
4.2.Nitrates	59.
4.3.Phosphates.....	60.
4.4.Matière organique.....	61.
5. Paramètres bactériologiques.....	62.
5.1.Coliformes fécaux.....	62.
5.2. <i>Escherichia coli</i>	63.
5.3.Streptocoques fécaux.....	63.
Conclusion.....	64.
Références bibliographiques.....	66.
Résumé.....	71.

L'eau est une ressource vitale nécessaire au fonctionnement biologique des êtres vivants, considérée comme élément de stabilité sociale, sanitaire et économique quand elle est bien gérée, mais aussi un élément d'insécurité et d'instabilité si cette dernière tend à se raréfier et sa qualité tend à se détériorer (METAHRI ,2012).

Bien que l'eau soit la substance la plus présente sur terre mais elle est inégalement répartie, en effet toute les régions de monde ne déposent du même volume d'eau où certaines ressources comme lacs et fleuves peuvent être difficile à récupérer et à utiliser pour cela il existe une inégalité d'accès entre les populations pour l'eau : Les pays excédentaires possèdent une grande majorité des ressources en eau ainsi que les pays d'Afrique qui sont en manque d'eau.

Une eau destinée à la consommation humaine devrait respecter les directives de qualité de l'eau de boisson fixée par l'OMS : Ce sont des exigences raisonnables minimales s'appliquant à la pratique sans risques, destinée à protéger la santé des consommateurs (OMS, 2004).

La Wilaya de Tizi-Ouzou recèle d'importantes potentialités hydriques qui permettent à la fois la satisfaction des besoins en eau des différentes communes. Dans la plupart des régions de la Kabylie, les eaux souterraines constituent la seule ressource en eau potable des populations. Cependant, ces dernières sont sous l'influence d'un ensemble de facteurs naturels et anthropiques.

Le défi auquel nous devons faire face aujourd'hui dans le domaine de l'eau est de veiller à ce que l'ensemble de la population dispose en permanence l'approvisionnement suffisant en eau de qualité tout en protégeant les ressources naturelles de la surexploitation.

Le présent travail consiste à effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Thala Ouguellidh située au niveau de la commune de Mechtras dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

Les résultats obtenus sont comparés, d'une part ,aux résultats de l'été 2021 de la même source d'eau données par le personnel de laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE) de Boukhalfa, Wilaya de Tizi-Ouzou, et d'autre part aux normes algériennes de potabilité en vigueur .

Le but de cette étude est d'évaluer la potabilité de l'eau issue de cette source selon la réglementation algérienne et celle fixée par l'OMS étant donnée que la majorité de la population la consomme et la considère comme eau « potable » et « minérale ».

Cette étude est structurée en trois chapitres :

Le premier chapitre rassemble quelques généralités sur les eaux potables ainsi que les paramètres de potabilité. Le deuxième chapitre expose le matériel utilisé ainsi que la méthodologie expérimentale adoptée pour l'analyse de la qualité de l'eau de cette source et le troisième chapitre comporte l'interprétation des résultats obtenus et leurs discussions puis nous terminons notre travail par une conclusion résumant les différents résultats obtenus et quelques recommandations.

1. Définition d'une 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 un composé chimique ubiquitaire, incolore, inodore et insipide qui constitue un élément fondamental dans la vie des êtres vivants, souvent utilisé comme un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes et élément essentiel pour de multiples usages (BERNARD, 2007).

2. Propriété de l'eau

L'eau est un liquide qui possède des propriétés physico-chimique particulières par rapport aux autres dont nous citons :

2.1. Propriétés physiques

L'eau est la substance minérale la plus répandue sur la surface du globe. Elle se présente sous trois formes : liquide, solide et gaz. L'eau est caractérisée par sa capacité de solubilisation de nombreux corps minéraux et organiques. En refroidissant son volume augmente.

2.2. Propriétés chimiques

Les propriétés chimiques d'une eau résident dans ses liaisons avec certains sels pour la formation des hydrates ainsi que ses réactions avec les oxydes de métaux pour former des acides .L'eau est aussi utilisée comme catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques importantes.

3. Eau potable

3.1. Définition d'une eau potable

Une eau potable est une eau qui est apte à être consommée par les êtres vivants. Elle doit être exempte de tous micro-organismes pathogènes, substances toxiques qui nuisent à la santé humaine. Elle doit répondre aux normes strictes de potabilité et aux valeurs guides de l'OMS (BLIEFERT et PERNAUD ,2001).

3.2. Les normes de potabilité

Les normes de potabilités d'une eau sont fixées selon le code Algérien des eaux et selon l'OMS :

3.2.1. Selon le code Algérien des eaux

Dans son article en 1983 une eau est qualifiée comme potable lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé du consommateur, elle doit être exempte de toute couleur, odeur ou substance chimique nuisible à la santé humaine.

3.2.2. Selon l'OMS

Les critères les plus utilisés et adoptés par l'OMS sont les critères physico-chimiques et toxicologiques où une eau dite potable doit répondre aux normes fixes et aux valeurs guides. Ces critères sont définis par l'arrêté ministériel du 11 /01/2007 du le ministère de la santé.

4. Eaux de sources

Selon le décret exécutif N°04-195 du 15 juillet 2004, une eau de source est une eau d'origine exclusivement souterraine apte à la consommation humaine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, sans traitement ni adjonction, contrairement à l'eau minérale, sa composition n'est pas stable.

Cette eau doit respecter dans son état naturel les caractéristiques de qualité microbiologique des eaux minérales et de qualité physico-chimique des eaux potables, elle est principalement rencontrée dans les régions montagneuses (BOUZIANI, 2000)

5. Différentes types de sources

Selon VILAGINES (2003) on distingue trois types de sources :

5.1. Source d'affleurement

Une source d'affleurement est à fond imperméable dans une vallée, l'eau s'apparait à la surface sous forme d'un Chaplet de sources, apparaissent surtout dans les terrains calcaires ou cristallins.

5.2. Source d'émergence

Cette source contient une couche perméable fissurée en direction du sol, ce qui donne un débit qui alimente un trou d'eau souvent envahi de végétation. Son débit est important et uniforme durant toute l'année.

5.3. Source de déversement

Ce type de source naît sur les pentes et les grandes hauteurs, dans les terrains fissurés en surface, calcaires et granites. Généralement leurs débits sont faibles, pratiquement constant et tarirent facilement.

6. Traitement des eaux de sources

Les eaux de source sont naturellement propre à la consommation humaine et ne peuvent être traitées, les seuls procédés permis d'être appliqués afin d'éliminer les éléments instables (tels que : les gaz, le fer ...) sont : l'aération, la décantation et la filtration (LUNC et LAGRADETTE, 2004).

7. Législation

L'eau doit répondre à des normes préétablies qui fixent des concentrations seuils à ne pas dépasser pour quelque substances dangereuses. Mais bien que une eau potable soit conformes aux normes cela ne signifie pas pour autant qu'elle soit exempte de ces substances mais leurs teneurs sont assez faible (HOUMEL, 2017).

Dans le cadre du développement durable l'Algérie s'est intéressée ces dernières années aux problèmes des eaux ainsi que leurs contaminations afin d'assurer une meilleure protection et une rassurante gestion des ressources hydriques.

Dans ce but l'Algérie a établie des lois, des décrets, ordonnances et arrêtés dont on peut citer :

7.1. Textes législatifs

- Loi n°83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux.
- Ordonnance n°96-13 de 15 juin 1996 modifiant et complétant le n° 83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux.
- Loi n° 05-12 du 04 Aout 2005 relative à l'eau (183 articles).

7.2. Textes réglementaire

- Décret exécutif n°96-472 du 18 décembre 1996 portant création du conseil national de l'eau (J.O n°83 /96).
- Décret exécutif n°01-101 du 21 avril 2001 portant création de l'Algérienne des eaux (J.O n°24/2001) .
- Arrêté du 17 novembre 2001 portant approbation de l'organisation interne de l'établissement public « Algérienne des eaux » (J.O n°04/2002).
- Arrête du 19 novembre 2001 portant approbation de l'organisme interne de l'établissement public « office national de l'assainissement » (J.O n° 04/2002).
- Décret exécutif n°93-160 du 10 juillet 1993 règlementant les rejets d'effluents liquides industriels (J.O.n°46/93).
- Décret du 29 janvier 1994 portant définition des eaux thermales et règlementant leur protection, leur utilisation et leur exploitation (J.O n°7/94).
- Arrêté interministériel du 26 Mai 1996 portant création, organisation et fonctionnement du comité national de lutte contre les maladies à transmission hydrique(J.O.n°81/96).
- Décret exécutif n°04/196 du 27 Joumad El Oula 1425 correspondant au 15 juillet 2004 relatif l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source.

7.3. Selon l'OMS

L'organisation mondiale de la santé en tant qu'autorité internationale pour la santé publique et la qualité de l'eau, dirige des efforts mondiaux pour prévenir les maladies et les conséquences liées à la mauvaise gestion de l'eau et conseille les gouvernements en matière de réglementation et lois pour la préservation de cette ressource.

8. Paramètres et qualité d'une eau potables

8.1. Paramètres organoleptiques

8.1.1. Couleur

La présence de couleur dans l'eau est esthétiquement indésirable, la coloration des eaux peut avoir : Une origine naturelle (phénomène d'eutrophisation, présence de fer et de manganèse dans les eaux profondes), ou une origine industrielle chimique (les résidus industriels fortement colorés) (MOKEDDEM et OUDDANE, 2005).

8.1.2. Odeur

Une eau potable destinée à l'alimentation doit être en bonne qualité et ne présente pas d'odeur. En effet l'odeur d'une eau est généralement un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition (RODIER, 2009).

8.1.3. Goût et saveur

Le goût est un critère d'appréciation gustative et olfactive et de sensibilité chimique qui est perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations dépend essentiellement de la qualité et la nature des corps dissous (RODIER, 2005).

8.2. Paramètres physico-chimiques

8.2.1. Température (T°)

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Elle agit sur la solubilité des gaz entre autre l'oxygène, la conductivité électrique, la détermination de pH et la dissociation des sels (DEGREMONT, 2005).

Toute variation brusque de température provoque une perturbation dans l'équilibre de l'écosystème hydrique et influence les variations climatiques.

8.2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH d'une eau sert à mesurer la concentration en ions H^+ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique. Le pH des eaux naturelles dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés (REJSEK, 2002).

L'échelle des pH compris en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) avec une valeur médiane "7" qui correspond à un pH neutre (Tableau N°1).

L'OMS préconise pour l'eau destinée à la consommation humaine un pH compris entre 6,5 et 8,5 (HANE et al, 2020).

Tableau N°1: Classification des eaux selon leur pH (C.I.E, 2005).

pH < 5	Acidité forte → présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée → majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

8.2.3 Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique, elle est déterminée par la température, la capacité d'ionisation et la nature des ions mobiles... etc. Elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau (Tableau N°2).

Tableau N°2 : Rapport entre la conductivité et la minéralisation (DIALLO B, 2006).

Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	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

8.2.4. Turbidité

La turbidité est un paramètre qui représente l'opacité d'un milieu trouble. Autrement dit c'est la réduction de la limpidité de l'eau due à la présence de matières non dissoutes, notamment colloïdales, argiles, limons, matières organiques et microorganismes (REJSEK, 2002). Elle se mesure sur terrain à l'aide d'un turbidimètre.

8.2.5. Dureté totale (TH)

La dureté ou titre hydrométrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion

hydrogène, généralement la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent parfois les ions de fer, aluminium, manganèse et strontium (RODIER, 2009).

Tableau N°3: Relation entre la dureté de l'eau et la concentration équivalente en CaCO_3 (HADE et HASNI, 2017).

Dureté de l'eau	Concentration en mg/l
Eau douce	0 à 60
Eau moyennement douce	60 à 120
Eau dure	120 à 180
Eau très dure	plus de 180

8.2.5 Alcalinité

L'alcalinité est la mesure de la capacité de l'eau à neutraliser un acide. Dans les eaux naturelles l'alcalinité liée principalement à la présence d'hydroxydes, bicarbonates et certaines formes de matières organiques contribuent légèrement à son alcalinité.

On distingue deux titres alcalimétriques :

8.2.5.1 Titre alcalimétrique (TA) : Le TA correspond à la somme des concentrations des ions carbonates (CO_3^{2-}) et des ions hydroxydes (OH^-) (RODIER et al. 2009).

8.2.5.2 Titre alcalimétrique complet (TAC) : Le TAC correspond à la teneur en ions OH^- , CO_3^{2-} et HCO_3^- , pour des pH inférieurs à 8.3, la teneur en ions OH^- et CO_3^{2-} est négligeable (TA=0), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls (RODIER et al, 2009) .

8.2.6 Salinité

Elle correspond à la masse de sels contenue dans 1l d'eau, elle s'exprime en g/ kg d'eau. Un composé ionique ou solide ionique cristallin est composé de cations et d'anions disposés régulièrement dans l'espace (GAUJOUS, 1995).

8.3. Paramètres de la minéralisation globale

8.3.1. Cations

8.3.1.1. Calcium

Le calcium est un métal alcalino-terreux, un composant majeur de la dureté de l'eau, qui est directement liée à la nature géologique des terrains traversés (FARDELLONE, 2015). Selon la norme algérienne de 2006, la concentration en calcium des eaux minérales naturelles comprises entre 75 à 200 mg/l (ARRETE, 2006).

8.3.1.2. Magnésium

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature, il peut avoir une origine naturelle (dissolution des roches magnésites, basaltes, argiles) ou industrielle. Son abondance géologique et sa grande solubilité font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes. La concentration élevée en magnésium donne une saveur amère à l'eau (HOUMEL, 2017).

8.3.1.3. Sodium

Le sodium est un élément abondant et constant dans l'eau, il se trouve dans la majorité des eaux souterraines et de surfaces. Cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et provoquent des modifications perceptibles du goût (RODIER, 2005).

8.3.1.4. Potassium

Le potassium est un élément principalement présent dans les roches ignées et les argiles, malgré son abondance il est généralement peu concentré dans les eaux naturelles, et dans les minéraux argileux. Cette particularité s'explique par la difficulté de mobilisation de l'ion K^+ Dans les eaux souterraines ; la concentration en potassium ne dépasse généralement pas 10 mg/l (CHERY, 2006).

8.3.2. Anions

8.3.2.1. Chlorures

Les chlorures sont des anions inorganiques existant à des teneurs variables dans les eaux naturelles, ils sont sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl) souvent utilisée comme un indice de pollution. Le chlorure influence sur la faune et la flore aquatique. Sa valeur est limitée à 750 mg/l (OFSP, 2010). La présence de chlorure dans l'eau

est due, soit au lessivage des roches et des soles sédimentaires ou aux activités humaines et industrielles.

8.3.2.2. Sulfates

Les Sulfates proviennent principalement des argiles, des marnes, et peuvent avoir comme origine les matières fécales et les détergents, on les trouve dans l'eau de consommation surtout se forme de sulfates calciques à des concentrations élevées. Les sulfates provoquent des troubles gastro-intestinaux et donne un goût amère à l'eau (DEGREMONT, 2005). L'OMS indique une valeur guide de 25 mg/l de sulfates, la valeur guide algérienne est de 200 mg/l.

8.4. Paramètres indésirables

8.4.1. Fer

Le fer se trouve d'une manière importante dans les eaux souterraines, il a de multiples origines : le fer sous forme de pyrites(FeS_2), est généralement associé aux roches sédimentaires déposées en milieu réducteur (marnes, argiles) et aux roches métamorphiques (CHERY, 2006).

Selon l'OMS (2006) un goût de fer n'est habituellement pas perceptible à des concentrations inférieures à 0,3 mg/l bien qu'il puisse y avoir un développement de la turbidité. Aucune valeur guide reposant sur des arguments sanitaires n'a été proposée pour le fer.

8.4.2. Manganèse

Le manganèse (Mn^{2+}) peut se trouver dans les eaux souterraines à des concentrations de 1 mg/l et à moins de 0,05 mg/l dans les eaux de surface. Il cause la formation de couche noirâtre sur les canalisations et lorsqu'elles se détachent, elles donnent une couleur douteuse à l'eau (RODIER, 1996).

8.4.3. Aluminium

L'aluminium est un métal abondant sur la terre. Il ne présente pas d'inconvénients pour l'organisme mais à des concentrations importantes dans l'eau, cette dernière est désagréable à la consommation (Rodier et al, 2005).

8.4.4. Cuivre

Dans les eaux souterraines, les teneurs normales en cuivre ne dépassent pas 0,0005 mg/l (COLLIN, 2004). Le cuivre peut présenter des concentrations élevées provenant d'installation en cuivre constatée essentiellement dans l'eau stagnante (CIE, 2005).

8.4.5. Zinc

Le zinc se trouve dans les eaux souterraines à une concentration inférieure à 0,01 mg/l. Une teneur supérieure à 10 mg/l est possible dans l'eau stagnante provoquée par les installations domestiques galvanisées neuves (SAMAKE, 2002).

8.5. Paramètres de toxicités

Une eau destinée à la consommation humaine contient des éléments considérés comme toxiques qui sont :

8.5.1. Le plomb (Pb)

Le Plomb est un élément chimique métallique, dense de couleur grise, il se ternit à l'eau, souvent véhiculé par les eaux de ruissellements et lessivages des rues. Le plomb est l'un des polluants de l'eau les plus importants à l'heure actuelle, du fait de son non dégradation et son aspect cumulatif (VERLO, 2003).

8.5.2. Le cadmium (Cd)

Le cadmium est l'un des métaux les plus toxiques non essentiels dans l'environnement, un polluant lié à plusieurs processus industriels modernes, il est utilisé en agriculture comme fertilisant (PRANKEL et al, 2004).

8.5.3. Arsenic (As)

L'Arsenic naturellement présent dans certaines eaux, toxique pour l'homme en provoquant plusieurs types de cancers cutanés. Sa toxicité dépend essentiellement de sa forme chimique (BOUSHESEICHE et al, 2002).

8.5.4. Sélénium (Se)

Le Sélénium est un élément très répandu dans la nature, toxique pour l'homme. Il est limité à une concentration fixée par l'OMS et qui est de 10µg /L.

8.5.5. Le fluor (F)

Le Fluor est parmi les ions les plus abondants dans la planète, on le trouve dans les roches, sols, airs et les eaux. Quand il se combine avec des minéraux, il forme des sels appelés composés fluorés (BOUSHESEICHE et al, 2002).

8.6. Paramètres de pollution de l'eau

8.6.1. Définition pollution de l'eau

La pollution de l'eau constitue toute modification défavorable des propriétés physico-chimiques, bactériologiques d'une eau par des rejets industrielles, eaux usées, déchets ménagers. Cette pollution est une conséquence des activités humaines que se soit d'une manière directe ou indirecte en rendant l'eau inutilisable (METAHRI, 2012).

8.6.2. Types de pollution de l'eau

Il existe plusieurs catégories de pollution de l'eau, cette classification est basée sur la nature et le type des polluants : pollution physique, chimique, organique et microbiologique.

8.6.2.1. Pollution physique

La pollution physique est essentiellement industrielle secondairement domestique provenant des activités humaines (VILLAGINE, 2003). On distingue trois types de polluants à caractère physique : mécanique, thermique et atomique.

8.6.2.2. Pollution chimique

La pollution chimique est due aux sels minéraux dissous et micropolluants libérés dans les eaux tel que : les métaux toxiques, les substances inorganiques (nitrites, nitrates, phosphates ...) utilisés en agriculture et divers autres activités (RAMADE, 2005). Le déversement accidentel des produits pétroliers est aussi une cause majeure de la pollution chimique qui peut entraîner des grandes catastrophes écologiques (BOUZIANI, 2000).

8.6.2.3 Pollution organique

La pollution organique est un type de pollution chimique provoquée par les polluants carbonés comme la matière organique fermentescible, les organochlorés par exemple : (DDT) ainsi que les polychlorobiphényles (PCB) provenant des ordures ménagères, des fumiers et des industries. Ces derniers sont souvent biodégradables. Les milieux touchés par ce type de

pollution sont souvent nutritifs favorables au développement des microorganismes notamment pathogènes (SCHRIVER-MAZZUOLI ,2012).

8.6.2.4. Pollution biologique

Ce type de pollution se traduit par la présence d'agents pathogènes tels que les bactéries, virus dans l'eau. Elle soulève dans bien des cas de redoutables problèmes d'hygiène et des épidémies pouvant émerger et limiter les usages que l'on peut faire de l'eau (HADDOU ,2010).

8.6.3. Mode de contamination des eaux souterraines

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol, donc elle subit la dégradation de ces deux milieux.

La pollution de l'eau ne touche pas seulement les eaux superficielles mais aussi les eaux souterraines.

8.6.3.1. Les eaux de surfaces : ils peuvent être contaminés par deux origines :

- **Rejets directs**

Les rejets directs sont causés par l'eau souillée résultant des activités artisanales et industrielles. La persistance de ces rejets polluants dans les rivières et cours d'eau vont définir le niveau d'exposition des organismes aquatiques à ces toxiques (BOUCHSEICHE et al,2002)

- **Pollution diffuse**

À la différence des rejets directs la source de ce type de pollution est difficile à localiser car les polluants subissent des transformations entre leurs sources, leurs parcours et le milieu fixé (BEAUCHAMPS ,2006).

8.6.3.2. Les eaux souterraines : la contamination des eaux souterraines est une contamination très discrète mais aussi très persistante qui résulte généralement de gisement naturel riche en fer, sulfate, manganèse, et certaine substances toxiques comme l'arsenic (VILLAGINE ,2003).La détermination de la pollution des eaux souterraine se fait en indiquant la présence de quelque paramètres ainsi que leurs quantités .Parmi ces dernier six sont les plus utilisées :

- **L'ammonium (NH_4^+)**

L'ammonium est le composé azoté le plus largement représenté dans une eau polluée, dangereux pour la faune aquatique car il participe à l'abaissement des concentrations d'oxygène dues à la prolifération bactérienne qu'il favorise. Cet élément est généralement issu des rejets urbains industriels et agricoles où il peut causer des problèmes de santé humaine et cela selon le dosage et son temps d'exposition. Dans une eau normale la concentration d'ammonium varie entre 0,1 et 1 mg/l (DIAB, 2016).

- **Nitrite (NO_2^-)**

Les nitrites sont répons dans les eaux mais en quantités très faibles qui ne dépassent pas 1mg /l, ils proviennent essentiellement de l'agriculture ce qui favorise l'oxydation de la matière organique et des rejets urbaines et industrielles ainsi que les activités humaine (AOUISSI et HOUHAMDI , 2014).

- **Nitrate (NO_3^-)**

Les nitrates proviennent de l'oxydation de l'azote organique ainsi que l'utilisation des fertilisants, le fumier et les rejets urbaines. Cet élément est présent en fortes abondance dans les eaux naturelles (Rodier ,2005).

- **Phosphate (PO_4^{3-})**

Le phosphate est l'un des anions facile à fixés par le sol. Sa présence est liée à la nature des terrains traversés la décomposition de la matière organique et les rejets des lessivages (Gaujour ,2005).

Selon Degremont (2005),une eau riche en phosphate provoque une eutrophisation en entrainant un dépôt de la matière organique et apparition d'odeur et goût désagréables.Donc lorsque sa teneur est supérieure à 0,5 mg /l cela doit constituer un indice de pollution (Rodier, 2005).

- **Demande Biologique en Oxygène (DBO)**

La DBO correspond à la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes aérobies de l'eau pour décomposer partiellement ou oxyder totalement la matière organique dissoute ou en suspension dans l'eau qui favorise le développement de ces microorganismes et cela constitue un bon indicateur de la pollution organique (Rodier et al ,2009).

- **Demande Chimique en Oxygène(DCO)**

La DCO est l'un des paramètres indicateurs de pollution, elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières existantes dans l'eau quelle que soit leurs origines organiques ou minérales (Rodier et al, 2009).

8.7. Paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique d'une eau est indispensable afin d'identifier les germes qui peuplent ce milieu. Parmi ces microorganismes nous citons : les germes totaux, les coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques qui sont les indicateurs les plus utiles pour l'estimation d'une pollution.

8.7.1. Streptocoques fécaux

Selon Rodier (2005) les streptocoques fécaux sont ceux qui possèdent une substance antigénique caractéristique du groupe D de lancefield.

Les streptocoques fécaux font partie de la flore intestinale de l'humain et l'animale à sang chaud, ces bactéries sont considérés comme indice de contamination fécale (Servais,2009).

8.7.2. Coliformes

Le terme coliformes regroupe un certains nombre d'espèces bactériennes appartenant à la famille des entérobactéries et qui partagent certaines caractéristiques biochimiques (Rodier, 2005).

Les coliformes vivent en abondance dans la matière fécale des animaux pour cela ils sont considérés comme indicateur de pollution fécale de première importance, Ce sont des organismes en bâtonnets aéro-anaérobies à gram négatif capables de fermenter le lactose ainsi que la production de certains acides et gaz.

On distingue deux formes de coliformes :

8.7.2.1. Coliformes totaux : ils sont omniprésents dans la nature en association avec la matière organique en décomposition, leurs présences en nombre élevé est un signal d'alarme qui indique une détérioration de la qualité de l'eau.

8.7.2.2. Coliformes fécaux (*Escherichia coli*) : la présence des coliformes fécaux indique la présence potentielle d'organismes pathogène capable de causer plusieurs maladies. *E. Coli* est

l'une des bactéries appartenant à ce type de coliformes ,un hôte de l'intestin qu'on peut retrouver au niveau de diverses muqueuses chez l'homme et l'animal , sa présence est un signe de pollution fécale récent ou l'intervention immédiate est obligatoire.

9. Maladies hydriques :

L'eau peut jouer le rôle d'un vecteur d'agent potentiellement dangereux et par conséquent une source de maladie (Hassoun et al. 2010).

Selon OMS (2006), cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson.

Ces maladies peuvent être de différentes origines : Bactériennes, virales ou parasitaires (Tableau N°4).

Tableau N°4 : Maladies hydriques d'origines bactériennes :

Maladies	Agents	Manifestations	Contaminations	Références
Choléra	-Vibrio-cholerae.	-Diarrhée -Vomissement -Anurie -Crampes musculaires	-Contamination par voie digestive à partir d'une eau contaminée par une matière fécale.	Villagine.2003
Fièvre typhoïde et paratyphoïde	-Salmonella typhoïde + salmonella paratyphoïde A.	-Fièvre -Céphalée -Diarrhée -Douleurs abdominale -Hémorragies intestinales -Collapsus Cardiovasculaires -Atteintes hépatiques respiratoires		
Légionellose	-Legionella.	-pneumonie aiguë -toux avec fièvre modérée -myalgies - anorexie -céphalée.	Installation qui favorise la multiplication des légionnelles dans l'eau avec une T° avoisinant 37 °C suivie d'une aérosolisation.	Villagine, 2010

Tableau N°5 : Maladies hydriques d'origines virales

Maladies	Agents	Manifestations	Contaminations	Références
Hépatite infectieuse	-Virus d'hépatite A.	-Fièvre -Sensation de malaise -perte d'appétit -Diarrhée -Urine foncée	- Contamination se fait par voie digestive.	-O.M.S (2008)
Gastro-entérites virale	-Rota virus : virus de Norwalk Astrovirus.	-Nausées -Vomissements -Douleurs abdominales -Diarrhées -Fièvre		-Schwartz Brod (2000)

Tableau N°6 : Maladies hydriques d'origines parasitaires

Maladies	Agents infectieux	Manifestations	Contaminations	Références
-Giardiase	- <i>Giardiase intestinalis</i> anciennement <i>Giardia Lamblia</i>	-Crampes d'estomac -Ballonnement -Flatulences -perte de poids -Fatigue	-Contamination se fait par ingestion des kystes	-Villagine (2003)
-Dysenterie -Amibienne	-Entamoeba -Histolytica	-Cramp -Diarrhée hémorragique -Douleurs abdominales		-Aubry (2006)

1. Présentation de la région d'étude

1.1. Situation géographique

La source de Thala Ouguelidh (figure 1 et 2) est localisée dans la commune de Mechtras daïra de Boghni, distante de 32 km du sud de la wilaya de Tizi-Ouzou (région de Kabylie) entourée par des habitations, à une altitude de 700 m. Superficie de 17,4 km², sa population est estimée à 12 683 habitants (2008). Elle est délimitée par 04 communes :

Au nord par Souk el Thenine, au sud par Assi Youcef, à l'est par Tizi N'Tlatha et au sud ouest et à l'ouest par Boghni.



Figure 01 : photo de la source Thala Ouguelidh (photographie originale, 2022).



Figure 02 : localisation satellite de la source Thala Oguellidh (Google Earth, 2022)

1.2. Situation climatique

Le climat de la région est de type méditerranéen subhumide, caractérisé par un été chaud et son hiver pluvieux et humide ainsi qu'une fréquence de neige à partir de 700 mètres d'altitude. Les températures varient d'une saison à une autre.

1.3. Couvert végétal

La végétation est un facteur déterminant en hydrologie. Elle influence le ruissellement et favorisant l'infiltration. Prés de la source Thala Oguellidh la végétation dominante (figure3) est les figuiers (*Ficus carica*), la ronce (*Rubus Fruticosus*) et le roseau commun (*Phragmites communis*) qui a été identifié par monsieur ASLA T .Enseignant chercheur à la faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques de l'université mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.



Figure 03 : Végétation qui entoure la source Thala Ouguelidh (photographie originale, 2022)

1.4. Sol

Le sol constitue un facteur important de la résilience de l'écosystème. Le sol de la source de Thala Ouguellidh est caractérisé par une structure fragmentaire moyennement riche en matière organique avec une texture argileuse et une couleur sombre (figure 04). Ce sol a été identifié par madame LAMRI enseignante chercheur à la faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

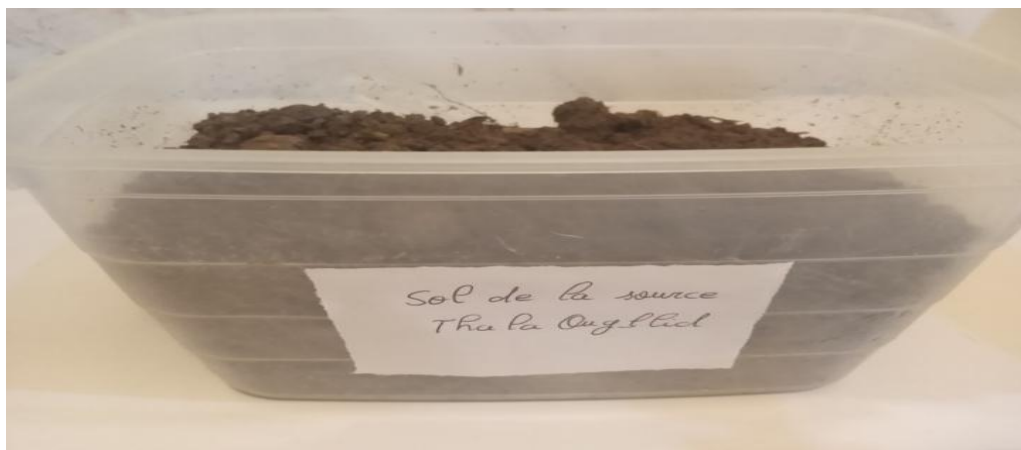


Figure 04: Sol de la source Thala Ouguellid (photographie originale ,2022)

2. Echantillonnage

L'échantillonnage joue un rôle prépondérant dans l'analyse scientifique qu'elle soit physico-chimique ou bactériologique. Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une

opération très délicate à laquelle nous devons attribuer le plus grand soin, il conditionne les résultats analytiques et une interprétation qui sera donnée, il doit être homogène et représentatif et ne doit pas modifier les caractéristiques de l'eau.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été réalisées au sein du laboratoire de l'Algérienne des eaux au niveau de l'unité de Tizi Ouzou sise à Boukhalfa spécialisée dans l'autocontrôle de l'eau distribuée sur le plan physico-chimique et bactériologique en se référant à des méthodes normalisées.

Nous avons effectué les prélèvements d'eau de la source en mois de juin 2022.

2.1. Echantillonnage pour l'analyse physico-chimique

Les échantillons d'eau sont recueillis dans des flacons en verre (polyéthylène) rincés préalablement avec de l'eau distillée, ces flacons seront de nouveau rincés trois fois avec l'eau à analyser.

Le prélèvement des échantillons au niveau d'un robinet est effectuée après avoir laissé couler pendant quelques minutes puis nous remplissons les flacons d'un litre jusqu'au bord pour éviter toute pénétration d'air.

2.2. Echantillonnage pour l'analyse bactériologique

Les prélèvements sont effectués dans des conditions aseptiques. Après avoir flambé l'orifice du robinet de la source pour quelques minutes et le stériliser en passant autour de lui ainsi que l'ouverture et le bouchon du flacon une baguette en acier couvert du coton émergés dans l'alcool et enflammée puis nous les avons remplis à cinq-sixième (5/6) de leur volume afin de maintenir en vie les bactéries aérobies et de pouvoir agiter l'échantillon avant la mise à l'épreuve.

Les flacons sont étiquetés, sur laquelle nous notons :

-Source Thala Ouguellidh.

-Date et heure de prélèvement : 21/06/2022.

-Température : 25°C.

2.3. Transport et conservation des échantillons

Les prélèvements sont immédiatement acheminés vers le laboratoire dans des glacières dont la température est d'environ 4°C afin de maintenir la composition initiale de l'échantillon.

L'analyse bactériologique est réalisée dans un délai de 8 heures après le recueil de l'échantillon, car la variation de ce dernier est susceptible de modifier la population bactérienne.

2.4. Milieux de culture

Les milieux de culture qui sont servis pour l'isolement des germes sont :

- CCA : gélose chromogène pour bactéries coliformes ;
- Gélose Slanetz et Brtely pour les bactéries streptocoques.
- Gélose Bile Esculine Azoture (BEA) pour la confirmation de la présence des streptocoques ;
- Bouillon de lactose au Pourpre de Bromo Crésols (B.C.P.L) à simple et double concentration, pour les coliformes ;
- Milieu indole manitol (milieu de SEHUBERT) pour *Escherichia coli* ;
- Bouillon de lactose à l'acide de sodium à simple et double concentration (milieu de Roth), pour les streptocoques fécaux ;
- Bouillon de lactose à l'éthyle de violet et à l'acide de sodium (EVA LETSKY) pour confirmer la présence de streptocoques fécaux.

3. Matériels et méthodes

Le tableau N°07 représente le matériel et les méthodes utilisés pour le dosage des paramètres physico-chimiques :

Tableau n°07: Matériels et méthodes utilisés pour le dosage des paramètres physico-chimiques.

Paramètres mesurés	Méthodes	Appareillage
pH	Potentiométrique	pH mètre WTW pH 450GLP Multi cal
Turbidité	/	Turbidimètre HACH2100N
Conductivité	/	Conductimètre
Alcalinité	Volumétrique	/
Dureté	Titrimétrie	/
Calcium	Titrimétrie à l'EDTA	/
Magnésium	/	/
Chlorure	Mohr	/
Ammonium	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Nitrate	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Nitrite	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Sulfates	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Phosphate	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Potassium	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre410)
Sodium	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre410)
Fer	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Aluminium	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Matières organique	Méthode a chaud en milieu Acide	/

4. Analyse physico-chimique

La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et d'éventuels éléments traces. La conductivité, la température ainsi que le pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales d'une eau.

4.1. Température

La température des échantillons a été mesurée sur site à l'aide d'un multi paramètres portable ou un thermomètre. Nous avons prélevé un volume d'eau ensuite nous avons plongé immédiatement le thermomètre, après une immersion de 10 minutes nous avons fait la lecture sur l'appareil.

4.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH se mesure à l'aide d'un pH-mètre électronique relié à une électrode en verre (Figure 05), nous avons étalonné avec des solutions tampons de pH variant de 4 à 7 ensuite nous avons introduit l'électrode dans l'eau à analyser et nous avons fait la lecture directe après stabilisation de l'affichage.

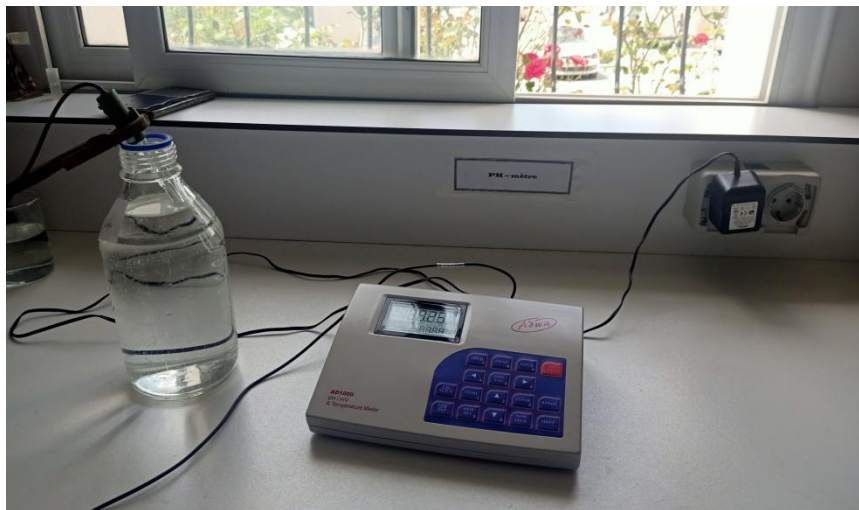


Figure 05 : pH-mètre (photographie originale 2022).

4.3. Conductivité

Avant la mesure de la conductivité de l'eau à analyser, nous avons étalonné l'appareil, puis nous avons rincé la cellule plusieurs fois avec l'eau distillée, ensuite nous l'avons plongée dans l'eau à analyser, puis nous avons agité cette eau afin que la concentration ionique des deux électrodes sera la même avec celle de liquide ambiant. Enfin, nous avons effectué la lecture sur l'appareil de mesure (Figure 06).

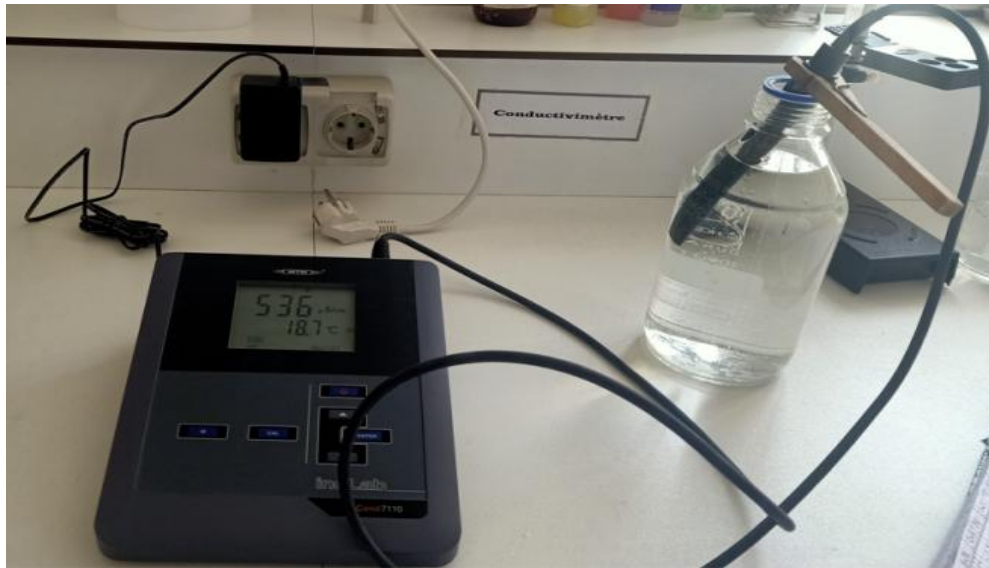


Figure 06 : Conductivimètre (photographie originale, 2022).

4.4. Turbidité

Nous avons effectué la mesure de la turbidité à l'aide d'un turbidimètre appelé néphélométrie (Figure 07), nous avons utilisé des cuves en verre bien nettoyées et séchées puis nous les avons remplies avec de l'eau distillée comme solution témoin puis avec de l'eau à analyser, après la stabilisation de l'appareil nous avons effectué la lecture des résultats qui sont exprimés en unité de turbidité néphélométrique (NTU).

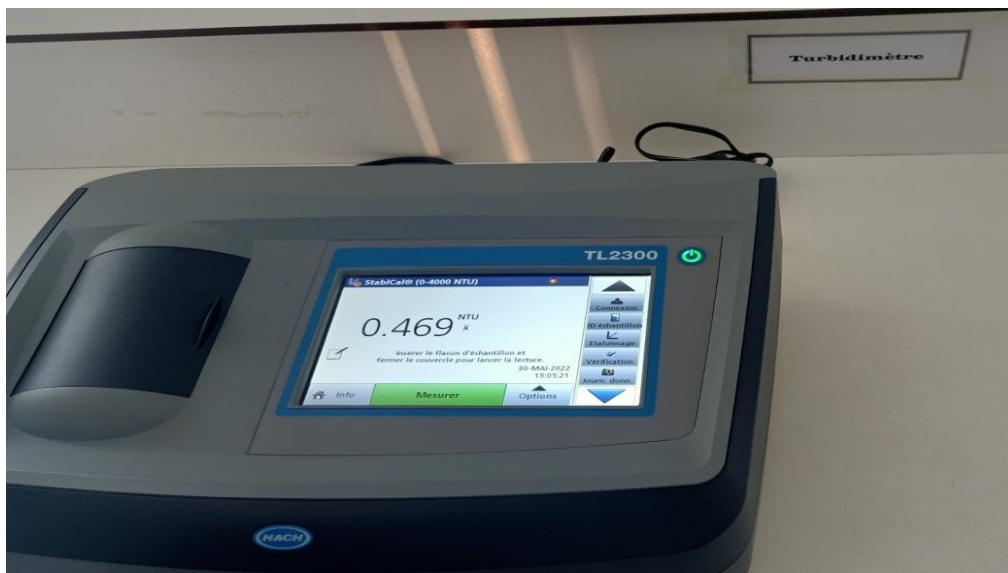


Figure 07: Turbidimètre HACH 2100N (photographie originale ,2022).

4.5. Analyse de la minéralisation globale

4.5.1. Alcalinité

L'alcalinité sert à déterminer les volumes successifs d'acide fort en solution diluée, nécessaires pour neutraliser deux niveaux de pH 8.3 et 4.3 de volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

4.5.1.1. Détermination de titre alcalimétrique (TA)

✓ Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCl), dilué en présence de phénolphtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate CO_3^{2-} .

✓ Mode opératoire

Dans un erlenmeyer nous avons prélevé 100 ml d'eau à analyser, ensuite nous avons ajouté quelques gouttes de phénolphtaléine (Figure 07), nous avons obtenu une coloration rose donc ($\text{TA} \neq 0$) donc la réaction est positive, nous dosons alors du HCl jusqu'à la décoloration. Si nous n'avons pas de coloration donc la réaction est négative ($\text{TA} = 0$).



Figure 07 : Dosage du titre alcalimétrique (photographie originale ,2022).

4.5.1.2. Détermination de titre alcalimétrique complet (TAC)

✓ Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide (HCl) dilué en présence de méthyl-orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates (HCO_3^-) dans l'eau.

✓ Mode opératoire

Nous avons utilisé l'échantillon titré précédemment sans coloration, puis nous avons ajouté quelques gouttes de méthyl-orange, ensuite nous avons titré à nouveau avec le même acide (HCl) jusqu'au virage du jaune au jaune orangé avec un $\text{pH}=4.3$ (Figure 08), enfin nous avons obtenu le volume de HCl nécessaire pour le titrage.

$$\text{Formule : } C_2 = \frac{C_1 V_1}{C_0}$$



Figure 08 : Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC) (Photographie originale, 2022)

4.5.2. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

✓ Principe

La dureté totale détermine la teneur de l'eau en calcium et en magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tetra-acétique (EDTA). L'indicateur utilisé est le noir ériochrome qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium.

$$\text{Formule : } C_{2 \text{ (Ca+Mg)}} = \frac{C_1 V_1}{C_0}$$

✓ Mode opératoire

À l'aide d'une pipette, nous avons introduit 50 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml, Puis nous avons ajouté 4 ml de la solution tampon à pH =10 et 3 gouttes d'indicateur coloré (noir Eriochrome T), puis nous avons titré avec l'EDTA en continuant d'agiter jusqu'au virage du violet au bleu. Enfin, nous avons noté le volume de l'EDTA nécessaire pour le titrage.

4.5.3. Dosage des ions calcium

✓ principe

Le titrage des ions calcium est effectué avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur bleu .

✓ Mode opératoire

Nous avons pris 50 ml de l'échantillon, puis nous avons ajouté 2 ml de la solution d'hydroxyde 2 N et une pincée d'indicateur HSN (Murexide) et bien mélanger le tout. Enfin , nous avons titré immédiatement avec la solution d'EDTA, en versant lentement avec agitation de la solution (Figure 09).

Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette. La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.



Figure 09 : Dosage de calcium (photographie originale ,2022).

4.5.4. Magnésium

✓ Principe

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne qui est donnée par la formule suivante :

$$C_{Mg} \text{ (mg/l)} = C_{(Ca+Mg)} - C_{Ca}$$

C_{Mg} (mg/l) : teneur en magnésium (mg/l) ;

$C_{(Ca+Mg)}$: teneur globale en calcium et en magnésium ;

C_{Ca} : teneur en calcium.

4.5.5 Chlorure

✓ Principe

Les ions chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la couleur rouge caractéristique du chromate d'argent.

✓ Mode opératoire

Dans un erlenmayer de 250 ml nous avons versé 100 ml de l'eau à analyser, puis nous avons ajouté 1 ml d'indicateur de chromate de potassium (K_2CrO_4), ensuite nous avons effectué un titrage avec le nitrate d'argent ($AgNO_3$) jusqu'à ce que la solution prenne une

couleur rougeâtre (Figure 10). A la fin, nous avons noté le volume des nitrates d'argent utilisé.



Figure10: Dosage des chlorures (photographie originale ,2022.

4.5.6. Sodium et Potassium

4.5.6.1. Sodium

Nous avons dissocié 2,54g de NaCl dans l'eau distillée et complété à un litre. Cette solution a une concentration de 1000 mg/l de sodium que nous avons conservé par dilution, puis nous avons préparé une solution de 10 mg/l que nous avons fait passer au photomètre à flamme trois fois, et ça doit afficher « 10 », à la fin nous avons fait passer l'échantillon dans le spectrophotomètre à flamme . Si la concentration en sodium dépasse 10 mg/l, nous procédons à la dilution de l'échantillon (Figure 11).

4.5.6.2. Potassium

Nous avons effectué une dissociation du 1,907 g de KCl dans un litre d'eau distillée. Cette solution a ainsi une concentration égale à 1000 mg/l de potassium. Ensuite nous avons préparé une solution de 10 mg/l. puis nous avons passé au photomètre à flamme la solution de 10 mg/l trois fois, et ça doit afficher « 10 », à la fin nous avons passés notre échantillon au spectrophotomètre à flamme. Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/l donc nous procédons à la dilution de l'échantillon (Figure 11).

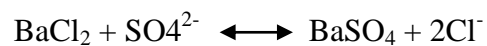


Figure 11 : Spectrophotomètre à flamme (photographie originale ,2022)

4.5.7. Sulfates

✓ Principe

Les ions sulfates de l'eau analysée réagissent avec le baryum du sulfate pour former un précipité de sulfate de baryum.



✓ Mode opératoire

Nous avons prélevé un volume de 100 ml de l'eau à analyser, ensuite nous avons ajouté 5ml de la solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum. Puis, nous avons agité pendant 1mn, ensuite nous avons passé la solution au spectrophotomètre d'absorption à une longueur d'onde $\lambda=420$ nm (Figure 12).



Figure 12 : Spectrophotomètre HACH (photographie originale ,2022).

4.6. Analyse des paramètres de pollution

4.6.1. Ammonium (NH_4)

✓ Principe

Mesurage spectrométrique du composé bleu former par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite de sodium NaClO en présence de nitroprussiate de sodium.

✓ Mode opératoire

Nous avons prélevé 40 ml de l'échantillon dans une fiole jaugé, puis nous avons ajouté 4 ml du réactif coloré (préalablement préparé) et mélangé la solution, il y'aura l'apparition d'une coloration jaune, ensuite nous avons ajoute 4 ml de la solution de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser, puis 2 ml d'eau distillée. Après une heure de réaction nous n'avons pas remarqué un changement de couleur (Figure 13), ensuite nous avons effectué les mesures spectrophotométriques à une longueur d'onde de 6,55 nm.



Figure 13 : Dosage de l'ammonium (photographie originale, 2022)

4.6.2. Nitrite (NO_2^-)

✓ Principe

Le nitrite présent dans l'échantillon réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Ce dernier se combine à l'acide chromo tropique (réactif mixte pour nitrites) pour produire un complexe de couleur rose dont l'intensité est directement proportionnelle à la concentration de nitrite dans la solution.

✓ Mode opératoire

Nous avons introduit 40ml d'échantillon d'eau à analyser , ensuite nous avons ajouté 1 ml de réactif mixte de nitrite (Figure 14), puis agité rigoureusement la solution, On

attendant 10min, l'apparition de la couleur rose indique la présence des NO_2^- . Enfin, nous avons effectué la lecture sur le spectrophotomètre à une longueur d'onde de $\lambda = 520 \text{ nm}$.



Figure 14 : Dosage des Nitrites (photographie originale ,2022)

4.6.3. Dosage de nitrate (NO_3^-)

✓ Principe

Le nitrate présent dans l'échantillon d'eau à analyser réagit avec l'acide chromo tropique en condition fortement acide pour former un produit jaune. Le dosage se base sur la réaction des nitrates avec le diméthyl-2,6 phénol en présence des acides sulfuriques et phosphoriques, avec production du nitro-4 diméthyl -2,6 phénol.

✓ Mode opératoire

Nous avons introduit 35 ml du mélange acide dans une fiole, puis nous avons ajoutée 5ml de l'échantillon d'eau et 5ml de diméthyl-2,6 phéno(Figure15). On a mélangé soigneusement le contenu et nous avons laissé se reposer pendant 10 min. nous avons obtenu une coloration jaune qui indique la présence des NO_3^- . La concentration en nitrate est la valeur donnée par spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda = 324 \text{ nm}$.



Figure 15 : Dosage des Nitrates (photographie originale, 2022).

4.6.4. Dosage de phosphate (PO_4^{3-})

✓ Principe

Le dosage de phosphate consiste à une réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate.

✓ Mode opératoire

Nous avons introduit dans une fiole de 50 ml 40 ml d'eau à analyser, ensuite nous avons ajouté 1 ml d'acide ascorbique puis 2 ml du réactif mélange (Figure 16), puis nous avons incubé pendant 10min après nous avons obtenu une coloration bleue qui indique la présence des PO_4^{3-} . Enfin, nous avons effectué la mesure des PO_4^{3-} à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda=880$ nm.

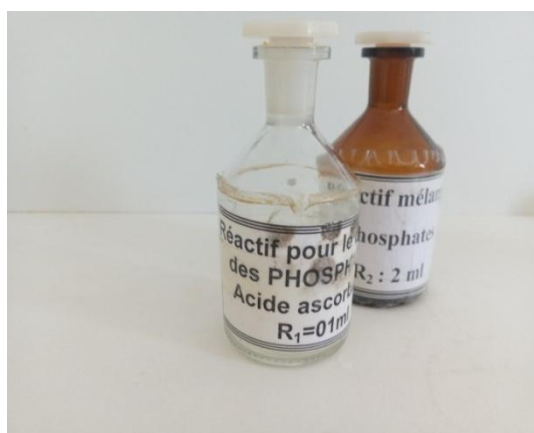


Figure 16 : Dosage des Phosphates (photographie originale ,2022)

4.5. Analyse des éléments indésirables

4.7.1. Dosage de Fer

✓ Principe

Le fer réagit avec la phénantroline-1.10 (indicateur) du réactif pour développer une coloration orange proportionnelle à la concentration de fer.

✓ Mode opératoire

Nous avons pris 50 ml de l'eau à analyser dans une fiole de 100 ml, puis nous avons ajouté 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et nous avons mélangé soigneusement (figure 17). Nous avons ajouté 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 (de préférence 4.5). Ensuite nous avons ajouté 2.0 ml de la solution phénantroline et conservé pendant 15 min à l'obscurité. A la fin, nous avons mesuré la concentration à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible à 510 nm.

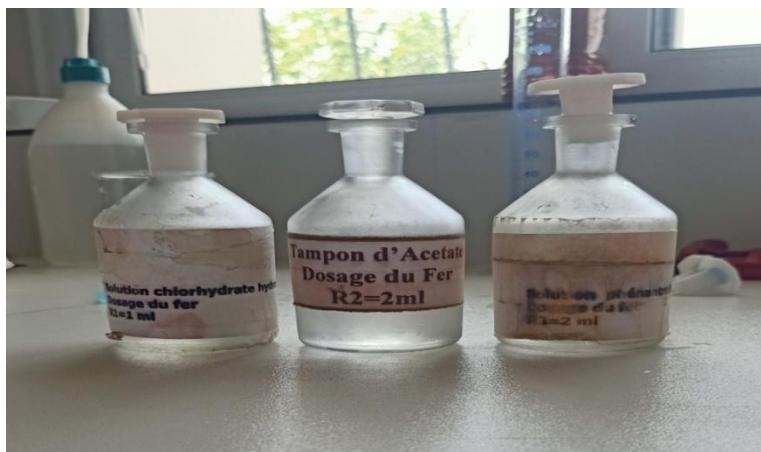


Figure 17 : Dosage de Fer (photographie originale ,2022).

4.7.2. Dosage d'aluminium (Al^{3-})

• Principe

Réaction de l'aluminium avec l'ériochrome cyanine à un pH de 5.9 en présence de l'acétate d'ammonium.

• Mode opératoire

Nous avons introduit 25ml d'eau à analyser dans une fiole jaugé puis à l'aide d'une pipette nous avons injecté successivement 0.5 ml de thiosulfate de sodium avec

agitation pour éliminer le chlore présent dans cette eau, 1ml d'acide ascorbique et 1ml d'acide sulfurique qui neutralise le chlorure puis 10ml de solution tampon (PH 6.2) ensuite 5ml de solution fille d'ériochrome cyanine qui donne une coloration orange. L'absorption de cette solution a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible avec une longueur d'onde de 540nm étalonné avec de l'eau distillée.

4.7.3. Dosages de la matière organique

✓ Principe

Le but de ce test est d'approcher la teneur en matière organique dans l'eau de notre source en mesurant la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction de permanganate de potassium (KMnO_4) par les matières organiques contenues dans l'eau à analyser.

✓ Mode opératoire

Nous avons prélevé 100 ml d'eau à analyser dans un bécher de 250 ml. Ensuite nous avons ajouté 20 ml d'acide sulfurique (2mmol/l) en mélangeant doucement. Nous avons placé le bécher sur une plaque chauffante pour l'ébullition puis nous avons ajouté 20 ml de la solution étalon (2mmol/l) de permanganate de potassium (apparition d'une couleur violet) et nous avons laissé la solution bouillir pendant 10min. Après 10 min nous avons rajouté à l'aide d'une pipette 20 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium (5mmol/l) afin que la solution se décolore, ensuite nous avons retiré le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier. Puis nous avons titré pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrante de permanganate de potassium (2mmol/l) jusqu'à ce que nous avons obtenu une coloration rose pâle persistante environ 30s. À la fin, nous avons noté le volume V_1 de permanganate consommé.

Nous avons procédé, parallèlement, à la détermination un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant l'échantillon (eau de source) par 100 ml d'eau distillée et noté V_0 le volume de la solution de permanganate consommé.

Au blanc titré nous avons ajouté 5ml de la solution d'oxalate de sodium (5 mmol/l). Nous avons réchauffé la solution une à deux minutes et titré avec le permanganate (2 mmol/l) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant 30s. Enfin, nous avons noté le volume V_2 de solution de permanganate consommé.

✓ Calcul

L'Indice de permanganate, I_{Mn} , exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, est calculé selon la formule :

$$\text{Formule : } I_{Mn} = \frac{(V_1 - V_0)}{V_2} * f$$

- V_0 : volume en millilitres de la solution de permanganate consommé dans le dosage à blanc ;
- V_1 : volume en millilitres de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai ;
- V_2 : volume en millilitres de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrante ;
- f : facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre.

5. Analyses bactériologique

L'analyse bactériologique a pour but de la recherche et dénombrement des germes existant dans l'eau à analyser. Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon prélevé dans un flacon stérile, Selon un mode opératoire précis évitant toute contamination, correctement transporté au laboratoire et analysé au moins après 6 heures dans des conditions satisfaisantes. Les analyses de l'eau de la source Thala Ouguelidh ont été effectuées au sein du laboratoire de L'ADE de la wilaya Tizi Ouzou , en se basant sur la recherche et le dénombrement des germes suivants :

- Coliformes totaux
- Streptocoques fécaux
- *Escherichia coli*

5.1 Recherche et dénombrement des coliformes et les streptocoques

La recherche de la présence de bactéries fécales permet d'évaluer la qualité sanitaire globale. Les coliformes fécaux ou thermo-tolérants constituent un bon indicateur de contamination des eaux par les matières fécales. Cette recherche se pratique en deux méthodes :

5.1.1 Filtration sur membrane

5.1.1.1 Dénombrement des coliformes

✓ Principe

Dénombrement et recherche des coliformes totaux et fécaux (*Escherichia coli*) éventuellement présentes dans l'échantillon d'eau à analyser par comptage des colonies obtenues après 24h ou 48h d'incubation à 37°C puis 44°C à travers une membrane de porosité de 0.45µm suffisant pour retenir les bactéries (figure18).

✓ Milieux de culture

-CCA : gélose chromogène pour bactéries coliformes.

-Disque d'oxydase ou réactif à l'oxydase.

✓ Mode opératoire

Nous avons stérilisé l'entonnoir et les membranes poreuses à l'aide d'un bec bunsen, ensuite nous l'avons refroidi immédiatement avec de l'eau à analyser, puis à l'aide d'une pince stérile, nous avons mis en place une membrane de porosité de 0.45µm qui se place entre la membrane poreuse et l'entonnoir. Nous avons déposé aseptiquement 100ml de l'eau à analyser en actionnant la pompe à vide pour faire absorber l'eau à travers la membrane. Enfin nous avons relié l'entonnoir et transférer la membrane d'une façon immédiate et aseptique à l'aide d'une pince sur la surface d'une boîte de pétri qui contient une plaque de gélose (RC) préalablement préparée et incubée à 37°C pendant 24h voire 48h.

✓ Lecture

Les colonies qui portent une coloration rouge sont des coliformes ayant une réaction négative à l'oxydase et celles qui ont une réaction positive à l'indole sont des *E.coli* qui portent une coloration bleue.

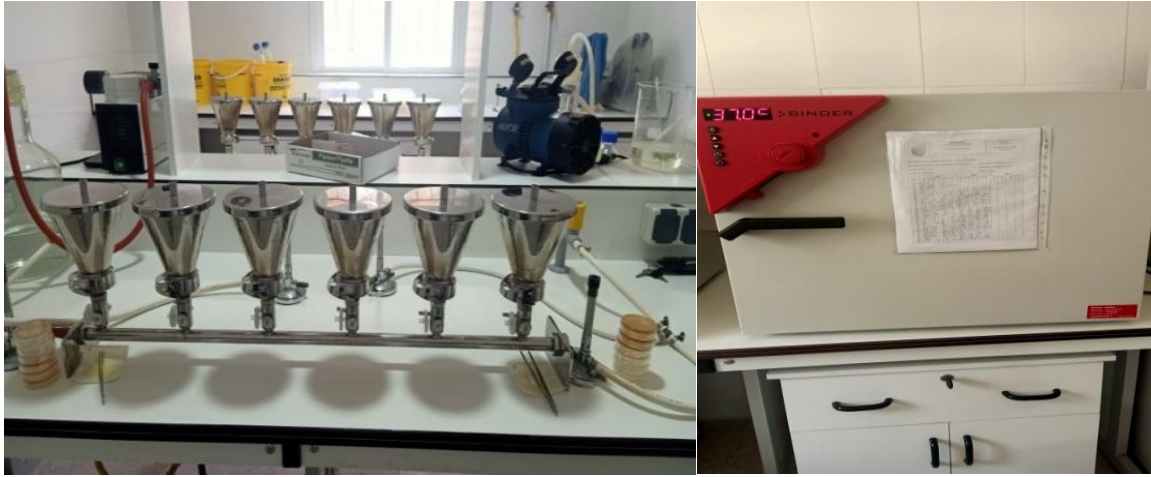


Figure 18 : dénombrement des coliformes et *Escherichia coli* par la méthode solide (photographie originale, 2022).

5.1.1.2 Dénombrement des streptocoques :

✓ Principe

Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux destinés à la consommation humaine par filtration sur membrane.

✓ Milieux de culture

- Gélose Slanetz et Brtely.
- Gélose Bile Esculine Azoture (BEA).

✓ Mode opératoire

Tout d'abord nous avons stérilisé l'entonnoir ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen, ensuite nous les avons refroidies avec l'eau à analyser puis nous avons mis en place les filtres d'une porosité de $0.45\mu\text{m}$ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile, nous avons versé 100m d'eau à analyser dans l'entonnoir ensuite actionner la pompe à vide pour l'absorption de l'eau à travers la membrane, puis nous avons transféré immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince stérilisé vers la surface d'une plaque de la gélose préalablement préparée. Cette dernière sera incubée à 37°C pendant 48h.

✓ Lecture

Après 48h d'incubation, les streptocoques apparaissent sous forme des petites colonies lisses légèrement bombés pigmentés en rouge, puis nous avons transférer aseptiquement la membrane du milieu Slanetz et Barteley à une autre boîte de pétri contenant de gélose Bile Esculine Azoture (BEA) en l'incubant à 44°C pendant 02 heures. Les colonies caractéristiques prennent une coloration noire ce qui traduit l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu ensuite le nombre de colonies sera comptés.

5.1.2 Dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable(NPP)

La recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et les streptocoques fécaux sont effectués suivant la méthode du nombre le plus probable (NPP) de la table de Mac Grady. Cette méthode de routine, consiste en la recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo tolérants et des *Escherichia- Coli* dans les eaux destinées à la consommation humaine, en milieu liquide, par la technique du nombre le plus probable (NPP).

5.1.2.1 Dénombrement des coliformes**✓ Principe**

Recherche et dénombrement des bactéries coliformes totaux et fécaux dans les eaux destinées à la consommation humaine par la technique du nombre le plus probable.

✓ Milieux de culture

-Bouillon lactosé au pourpre de Bromocrésol (BCPL) à double concentration ;

-Bouillon lactosé au pourpre de Bromocrésol (BCPL) à simple concentration ;

-Milieu de confirmation : bouillon de Schubert et réactif de Kovacs pour la recherche de l'indole.

✓ Mode opératoire

Cette méthode se fait en deux tests :

• Test de présomption

Ce teste est réservé à la recherche des coliformes et consiste sur l'ensemencement de sept tubes de bouillon lactosé au pourpre de Bromocrésol (BCPL) chacun muni d'une cloche de Durham dont cinq tube à double concentration et deux à simple concentration. Donc nous avons porté d'une façon aseptique 10ml de l'eau à analyser dans chaque tube de double concentration contenant 50ml du milieu BCPL .Après avoir chassée l'éventuel bulle d'aire présente dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu de culture nous l'avons incubé à 37°C pendant 24h à 48h.

✓ Lecture

Les tubes considérés comme positifs présentant à la fois un trouble microbien accompagnée d'un virage de la couleur du milieu au jaune ainsi qu'un dégagement du gaz (supérieur à 1/10^{ème} de la hauteur de la cloche),ces deux caractères considérés en étant témoins de la fermentation du lactose. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

• Test de confirmation

Ce test est basé sur la recherche des coliformes thermo-tolérants (*E-coli*) (figure20) qui ont les mêmes propriétés de fermentation mais à 44°C.

Les tubes de BCPL trouvées positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage de quelques gouttes à l'aide d'une pipette dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.Nous avons procédé à l'incubation à 44°C pendant 24h après avoir chassé l'air présente dans la cloche et bien mélanger les milieux

✓ Lecture

Les tubes considérés comme positifs présentent :

- Trouble microbien.
- Dégagement de gaz

- Anneau rouge en surface, considéré comme témoin de la production d'indole par les *E.coli* après adjonction de deux à trois gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue toujours selon les prescriptions de la table de NPP en tenant compte que les *E.coli* sont producteurs de gaz et d'indole à 44°C.



Figure 20 : Dénombrement des coliformes et *Escherichia-coli* par NPP (photographie originale, 2022)

5.1.2.2 Dénombrement des streptocoques

✓ Principe

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux destinées à la consommation humaine par ensemencement au milieu liquide (NPP).

✓ Milieux de culture

-Milieu de Roth.

-Milieu d'Eva Litsky.

✓ Mode opératoire

- **Test de présomption**

Ce test est réalisé à l'aide de milieu Roth où la forte intuitivité du milieu est due à la présence d'une forte proportion de polypeptone et du glucose ainsi que l'acide de sodium qui inhibe la croissance des micro-organismes à Gram négatif et favorise la culture des streptocoques fécaux.

A partir de l'eau à analyser nous avons porté aseptiquement 50ml dans un flacon contenant le milieu Roth de double concentration (D/C).(05 fois 10 ml dans 05 tubes contenant 10 ml

du milieu de Roth à D/C ,05 fois 1ml dans 05 tubes contenant 10ml du milieu de Roth à S/C).Puis nous avons bien mélangé les milieux et nous les avons incubés dans 37°C pendant 24h à 48h.

✓ **Lecture**

Les tubes considérés comme présomptifs sont ceux qui présentent un trouble microbien et ils sont soumis au test confirmatif (figure21).

- **Test de confirmation**

Ce test est basé sur la confirmation de la présence des streptocoques.

Les tubes de Roth trouvés positifs dans le test précédent font l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette et transférés vers le milieu de Eva Litsky dans le but d'être justement confirmé de la présence des streptocoques. L'incubation se fait à 37°C pendant 24h.

✓ **Lecture**

Les tubes considérés comme positifs sont ceux qui présentent un trouble microbien et une pastille violette ou blanchâtre au fond de ces derniers, la lecture finale s'effectue selon les prescriptions de la table du NPP.



Figure 21 : Dénombrement des streptocoques par NPP (photographie originale, 2022)

1. Paramètres organoleptiques

1.1. Couleur

L'eau de la source Thala Oguellidh est incolore durant la période étudiée (été 2022), ceci indique probablement l'absence des ions métallique fer ferreux (Fe^{2+}) et fer ferrique (Fe^{3+}), qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur d'eau.

1.2. Odeur

L'eau de la source étudiée est inodore après notre analyse, ce qui indique probablement l'absence de produits chimiques, de matières organiques en décomposition et de protozoaires.

2. Paramètres physico-chimiques

2.1. pH

La figure 22 représente les variations du pH de la source d'eau étudiée. L'eau de la source présente un pH neutre en été 2021 et l'été 2022, varient entre 7.50 et 7.57.

Cette légère augmentation de pH au niveau de la source Thala Oguellidh en été 2022, peut être expliquée par la nature calcaire des terrains traversés par les eaux ainsi une augmentation des températures. Les valeurs du pH obtenu pour cette source sont conformes aux normes algériennes qui fixent les valeurs de pH entre 6,5 et 9.

L'étude réalisée sur la même problématique par AMICHI et AMIRI (2020) sur des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Thabout « Ouadhias, Wilaya de Tizi- Ouzou » (résultats varient entre 7.2 et 8.0), ainsi que le travail de ISSAOUN et TAIBI (2016) sur l'étude comparative de la qualité microbiologique et physico-chimique de trois eaux (eau minérale naturelle, eau de source et eau de robinet) (résultats varient entre 7.46 et 7.79), et aussi le travail de OUHAMOUCHE et ZANE (2021) sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois sources (Thianserine, Thala Bouada et Ait Naïm) dans la région de Tizi-Ouzou (résultats varient entre 6.97et 8.04). montrent que ces différents résultats sont similaires avec ceux trouvés dans notre source.

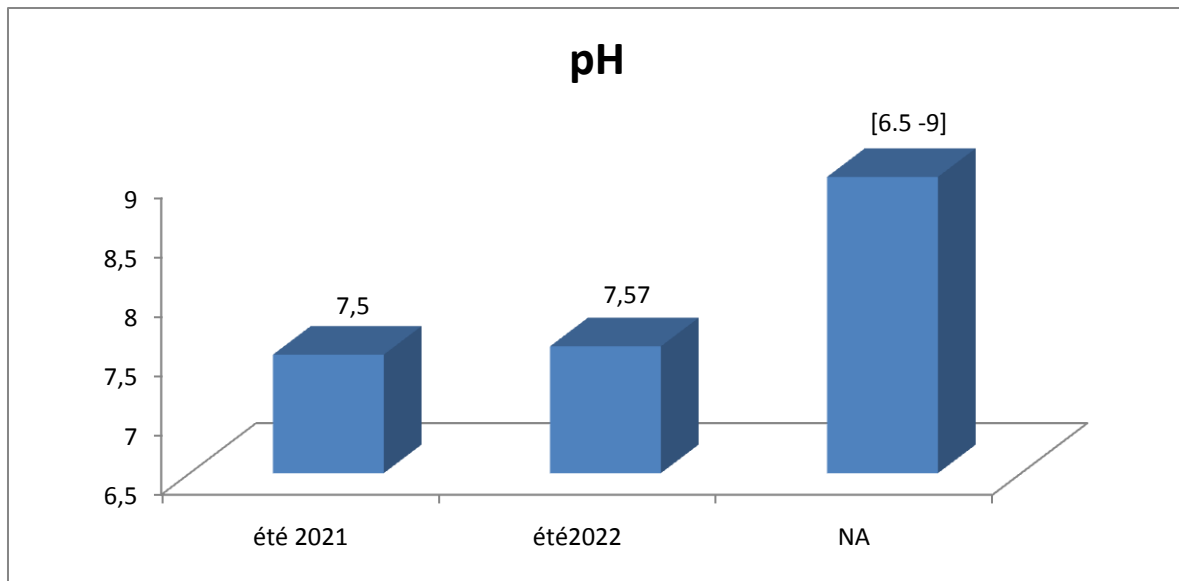


Figure 22 : Valeurs du pH enregistrés dans la source d'eau étudié durant les deux ans (été 2021 et 2022)

2.2. Conductivité

La figure 23 montre les valeurs de la conductivité de la source analysée pendant les deux prélèvements effectués en été 2021 et l'été 2022 varient entre (510 et 538 $\mu\text{s}/\text{cm}$).

Nos prélèvements ne présentent pas une grande variation de conductivité, ce qui traduit une minéralisation moyenne.

Tout fois, les valeurs enregistrées se situent dans les normes algériennes recommandées des eaux de consommation fixées à 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Nos résultats concordent avec ceux de HOUMEL (2017) sur l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur deux sources d'eau (Thala Toulmouts, Thala Oumazar) au niveau de deux communes « Tizi Rached et Ait Toudert » Wilaya de Tizi Ouzou (résultats varient entre 413 et 817 $\mu\text{s}/\text{cm}$), ainsi les travaux de AMICHI et AMIRI (2020) (résultats varient entre 354 et 426 $\mu\text{s}/\text{cm}$), et les travaux de ISSAOUN et TAIBI (2016) (résultats varient entre 525 et 1189 $\mu\text{s}/\text{cm}$),

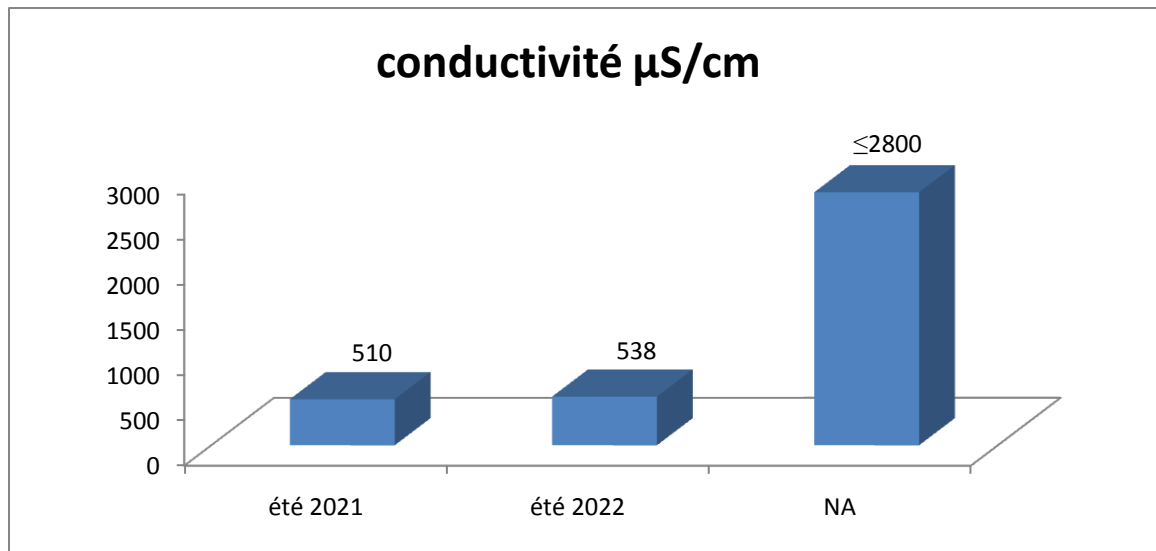


Figure 23 : variation de la conductivité dans la source étudiée durant les deux ans (l'été 2021 et 2022)

2.3. Température

La figure 24 montre les valeurs des températures obtenues dans notre étude (été 2022) et l'année précédente (été 2021) varient entre (23.30 et 23.70°C).

D'après nos résultats (été 2022) et les résultats de l'été 2021 nous n'avons pas enregistré une grande variation de températures (presque constante). 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. Les valeurs enregistrées sont conformes à la norme Algérienne (30°).

A la lumière des résultats des températures obtenues par AMICHI et AMIRI (2020) (résultats varient entre 15 et 20,4 °C), ainsi que les travaux de BELHOCINE et MANKOUR (2016) sur l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des forages de Boukhalfa (résultats est de moyen (17°)), ainsi que les résultats de HOUMEL (2017) (Résultats varient entre 13.33 et 22.6°C), ces résultats sont similaires avec ceux trouvés dans notre source étudiée Thala Ouguellidh.

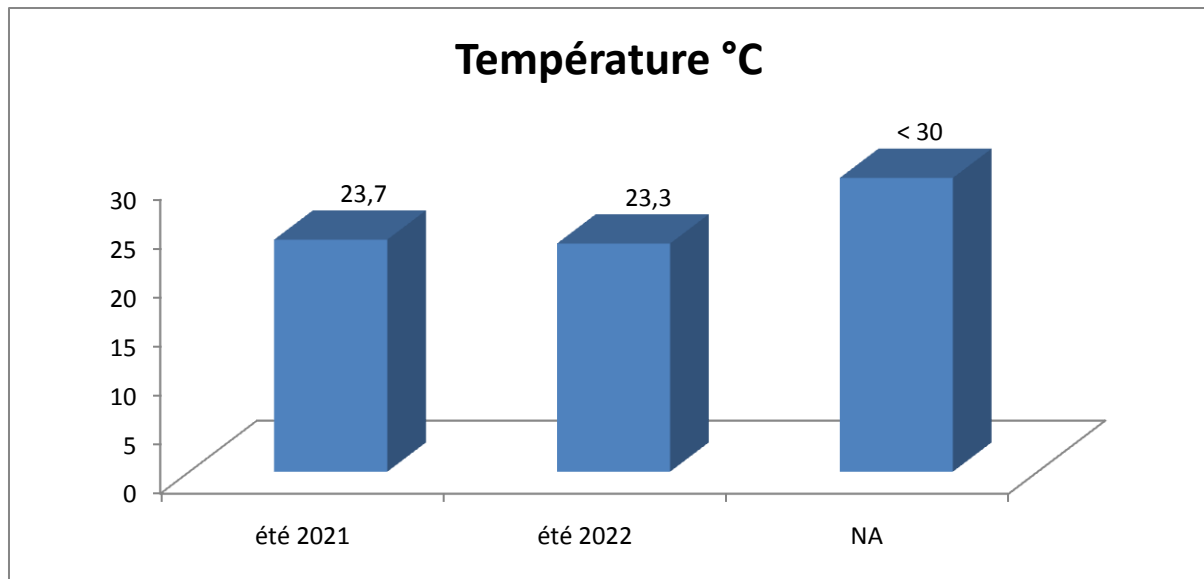


Figure 24 : variation de températures enregistrées dans la source d'eau étudiée durant les deux ans (été 2021 et 2022)

2.4. Paramètres de la minéralisation globale

2.4.1. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Les valeurs indiquées dans la figure 25 montrent que les teneurs de TAC au niveau de la source Thala Ouguellidh ne présente pas une grande variation (valeurs comprises entre 212 et 246 mg/l CaCO_3) durant la période d'étude (été 2022) et l'année précédente (été 2021).

D'après l'histogramme, nous remarquons que les valeurs de TAC ne dépassent pas les normes algériennes de la potabilité qui sont fixées à 500mg/l CaCO_3 . En effet, plus le TAC augmente, plus les ions du calcium et magnésium augmentent pendant la période d'été où le débit de notre source est faible.

Les travaux réalisés sur la même problématique par ISSAOUN et TAIBI (2016) (résultats compris entre 162 et 270 mg/l CaCO_3) ainsi que les résultats d'AMICHI et AMIRI (2020)(résultats varient entre 170 et 200 mg/l CaCO_3), ces résultats répondent aux normes Algériennes des eaux, ce qui a été le cas pour notre travail.

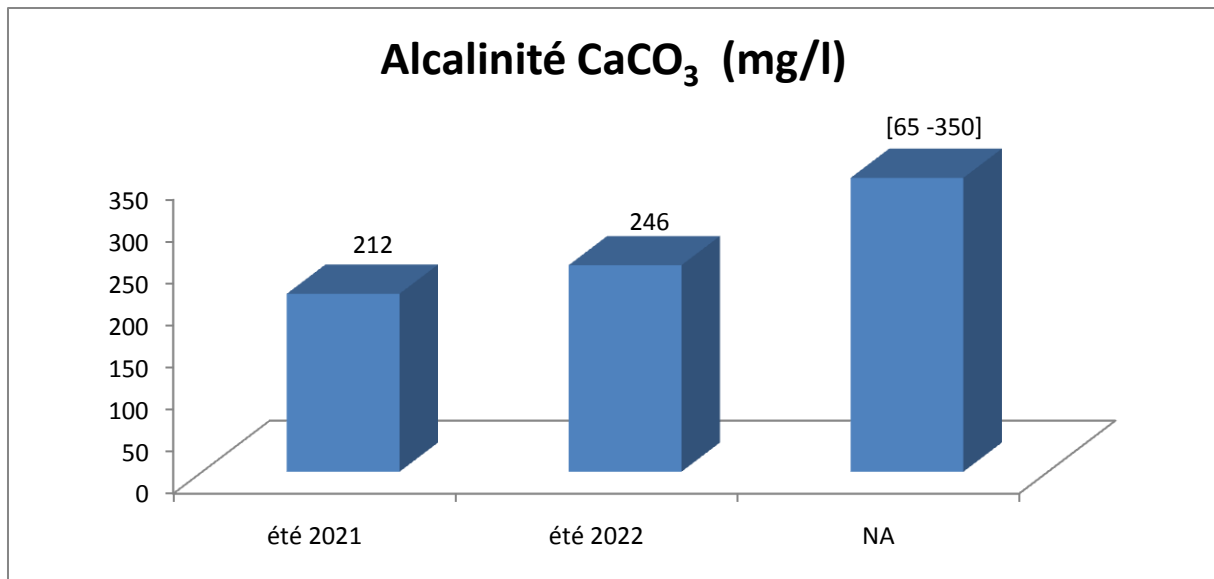


Figure 25 : variation de titre alcalimétrique dans la source étudiée durant les deux ans (été 2021 et 2022)

2.4.1. Dureté totale

D'après l'histogramme (figure 26), nous remarquons que les valeurs de la dureté totale au niveau de la source étudiée ne présentent pas une grande variation où elles sont comprises entre (242 et 258 mg/l CaCO₃) durant la période d'étude (été 2022) et l'année précédente (été 2021).

D'après Rodier (2009) cette légère augmentation de TH en été 2022 peut être expliquée par la nature des terrains traversés et la teneur de magnésium et calcium. D'après les résultats obtenus, nous constatons que ces résultats obtenus répondent aux normes indiquées par la réglementation Algérienne.

Nos résultats concordent avec les travaux de HOUMEL (2017) (résultats varient entre 246 et 384 mg/l CaCO₃), ainsi que les travaux de BELHOCINE et MANKOUR (2016) (résultats moyen de 319 mg/l CaCO₃).

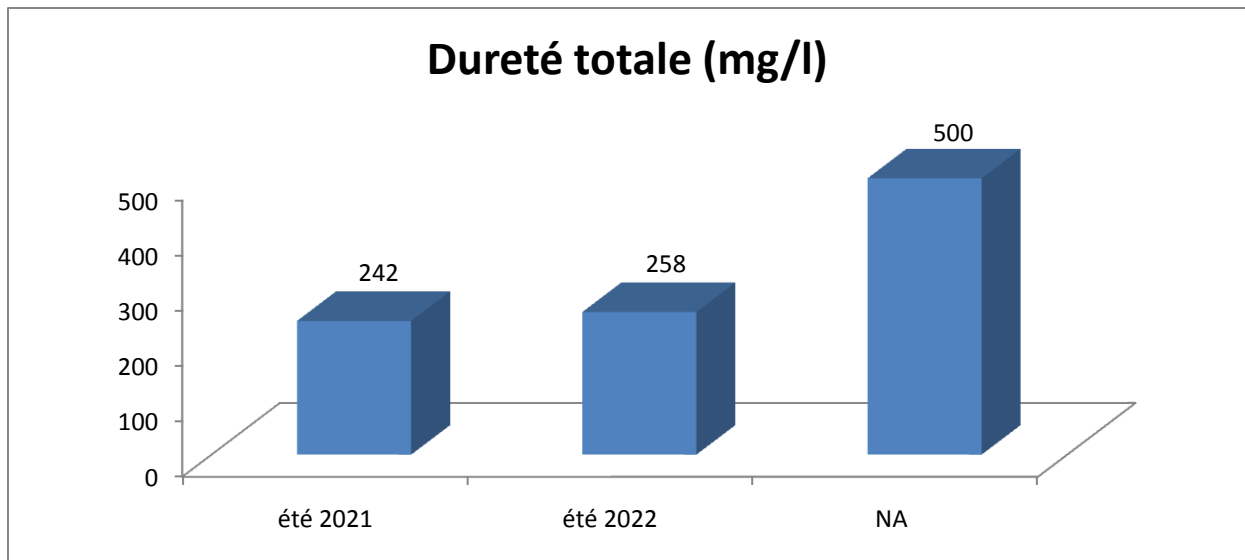


Figure 26 : Variation de la dureté totale dans la source étudiée durant les deux ans (été 2021 et été 2022)

2.4.2. Dureté calcique et dureté magnésienne

Le calcium et le magnésium se rencontrent dans presque les eaux naturelles et ils contribuent à la dureté de l'eau.

2.4.3.1. Dureté Calcique

Les valeurs indiquées dans la figure 27 représentent la dureté calcique dans la source étudiée durant deux années successives (été 2021 et été 2022) sont comprises entre (75 et 80 mg/l) ce qui montre une certaine stabilité du calcium entre les deux années.

La dureté calcique pour cette source reste dans les normes fixées par la législation algérienne qui indique une concentration maximale de 200 mg/l.

Les résultats obtenus dans les travaux réalisés sur la même problématique par AMICHI et AMIRI (2020) (résultats comprises entre 56 et 72 mg/l), ainsi que les résultats obtenus dans les travaux de BELHOCINE et MANKOUR (2016) (résultats varient entre 83 et 88.80 mg/l) montrent que ces valeurs répondent aux normes Algériennes de potabilité des eaux, ce qui a été le cas aussi pour notre travail.

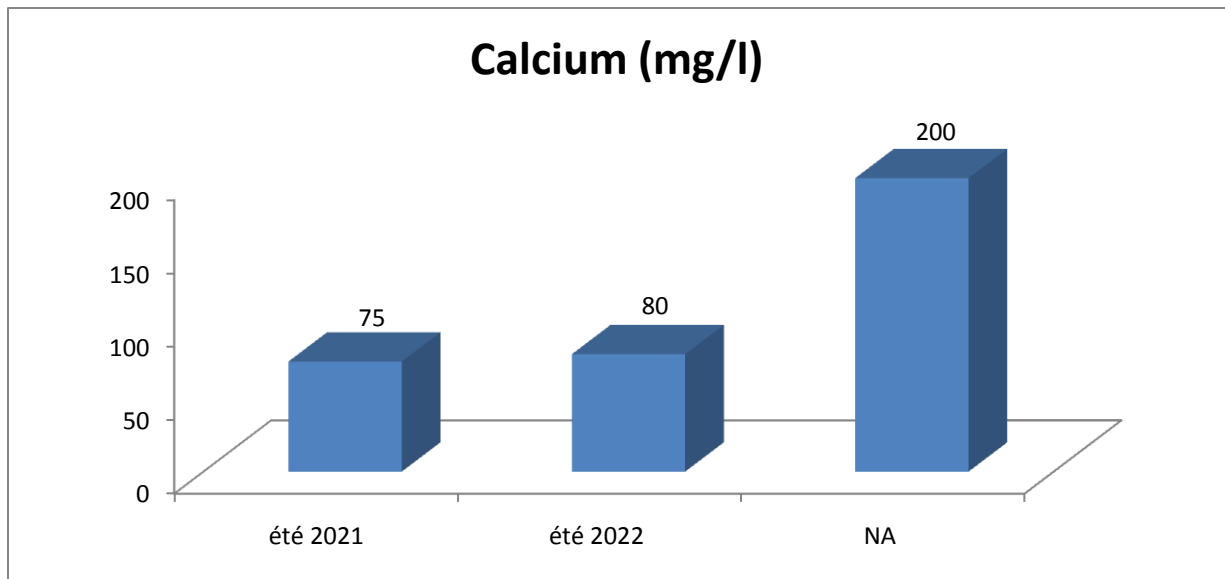


Figure 27 : Variation du Calcium dans la source étudiée durant les deux ans (été 2021 et été 2022)

2.4.3.2. Dureté magnésienne

La figure 28 montre que les teneurs en magnésium dans la source étudiée durant les deux ans (été 2021 et été 2022) sont presque constante (entre 13 et 14 mg/l).

Les valeurs obtenues sont inférieurs aux concentrations recommandées par les autorités concernées (150 mg/l). Ceci est en relation direct avec l'écoulement rapide de l'eau de la source étudiée et la nature calcaire des terrains traversés.

A la lumière des résultats obtenus par BELHOCINE et MANKOUR (2016) (18.24 mg/l), ainsi ceux de HOUMEL (2017) (résultats varient entre 11.67 et 20.91mg/l) où les valeurs sont au-dessous de la norme indiquée par la réglementation Algérienne qui exige une concentration de 150 mg/L au maximum.

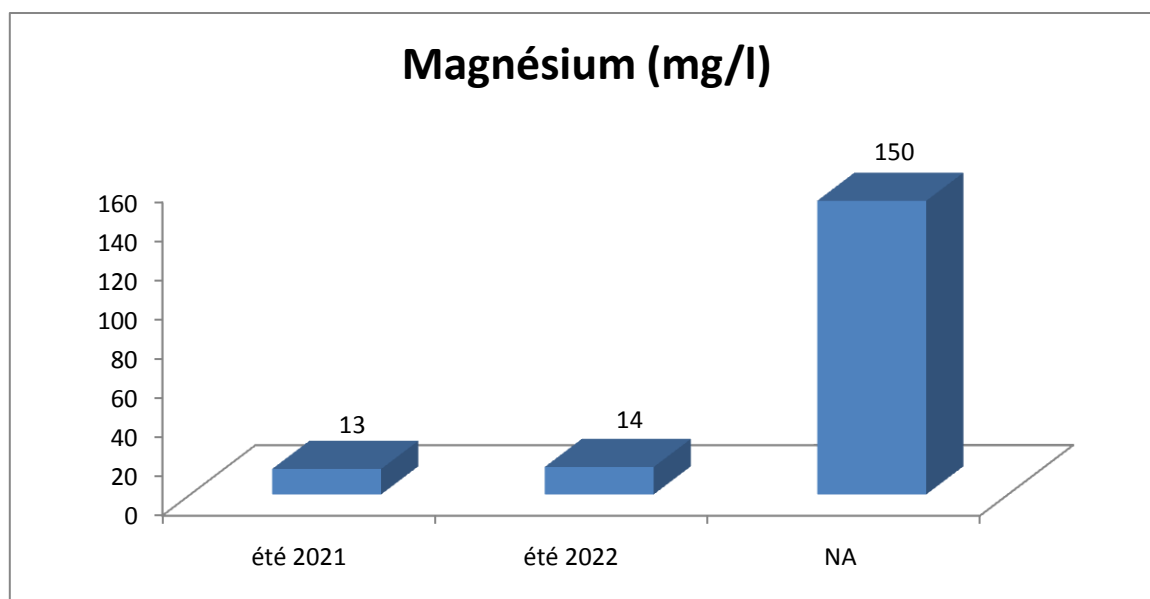


Figure 28 : Variation de magnésium dans la source étudiée durant les deux ans (été 2021 et été 2022)

2.4.3. Sodium

La figure 29 représente les teneurs en sodium pour la source d'eau étudiée Thala Ouguellidh durant les deux dernières années (été 2021 et été 2022). La valeur enregistrée en été 2022 montre une légère augmentation (16mg/l) par rapport à l'été 2021 (10mg/l).

Les résultats montrent que l'eau de cette source présente une teneur faible en Na^+ (entre 10 et 16mg/l), cela pourrait s'expliquer par l'absence du sodium dans les terrains traversés par cette eau. Les concentrations obtenues sont nettement inférieures aux normes exigées par la norme Algérienne des eaux potable (200 mg/l).

Les résultats obtenus par AIT ABDELAZIZ et BENHAMLAT (2016) sur l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de trois communes « Abi youcef - Yakourene -Bouzeguene » Wilaya de Tizi -Ouzou (résultats varient entre 4 et 15 mg/l), ainsi que les travaux d'AMICHI et AMIRI (2020) (résultats varient entre 7 et 10 mg/l), montrent que ces résultats sont similaires avec ceux trouvés dans notre travail.

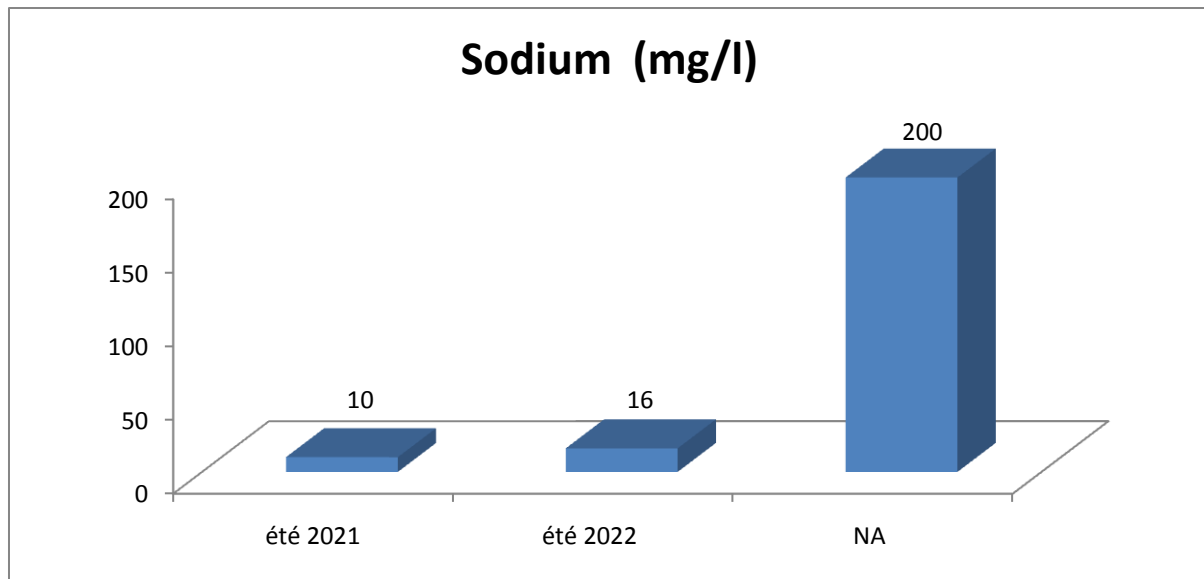


Figure 29 : Variation du sodium dans la source étudiée durant les deux ans (été 2021 et été 2022)

2.4.4. Potassium

D'après la figure 30 nous remarquons que les valeurs de potassium au niveau de la source Thala Ouguellidh sont constantes (1 mg/l pour les deux années étudiée (été2021 et été 2022)).

Cette valeur est au dessous des concentration minimales admissibles recommandées par les normes Algériennes (10 mg/l), mais l'OMS affirme que le potassium a faible dose ne présente pas de risque significatif a l'organisme.

La concentration faible enregistrée s'explique par la difficulté de mobilisation des ions K^+ dans les eaux souterraines et les concentrations ne dépassent généralement pas les 10mg/l.

Nos résultats concordent avec ceux réalisées par AMICHI et AMIRI (2020) (résultats varient entre (1 et 5mg/l), et HOUMEL(2017) (résultats compris entre 1 et 2 mg/l).

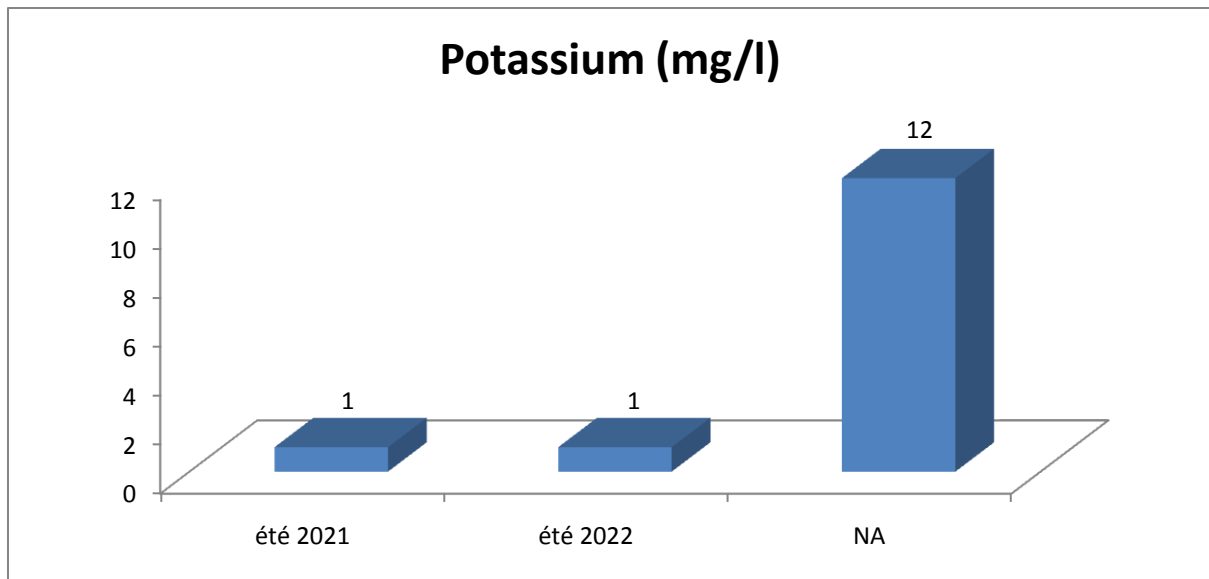


Figure 30 : Variation du potassium dans la source étudiée durant les deux ans (été 2021 et été 2022)

2.4.5. Chlorure

La figure 31 représente les valeurs du chlorure dans la source étudiée durant l'été 2021 et l'été 2022. L'eau de la source Thala Oguellidh présente des teneurs faibles en chlorures (entre 23 et 25mg/l), pendant les deux années d'étude (2021 et 2022). Ces teneurs trouvées au niveau de la source répondent à la valeur guide algérienne de 200mg/l.

Ces résultats pourraient s'expliquer par la nature des terrains traversés ou par le parcours de l'eau qui serait réduit, et un séjour dans la nappe d'une courte durée.

Les résultats trouvés dans les travaux réalisés sur la même problématique par AIT ABDELAZIZ et BEN HAMLAT (2016) (résultats varient entre 9.22 et 31.91mg/l), concordent avec les résultats que nous avons obtenus au niveau de notre source.

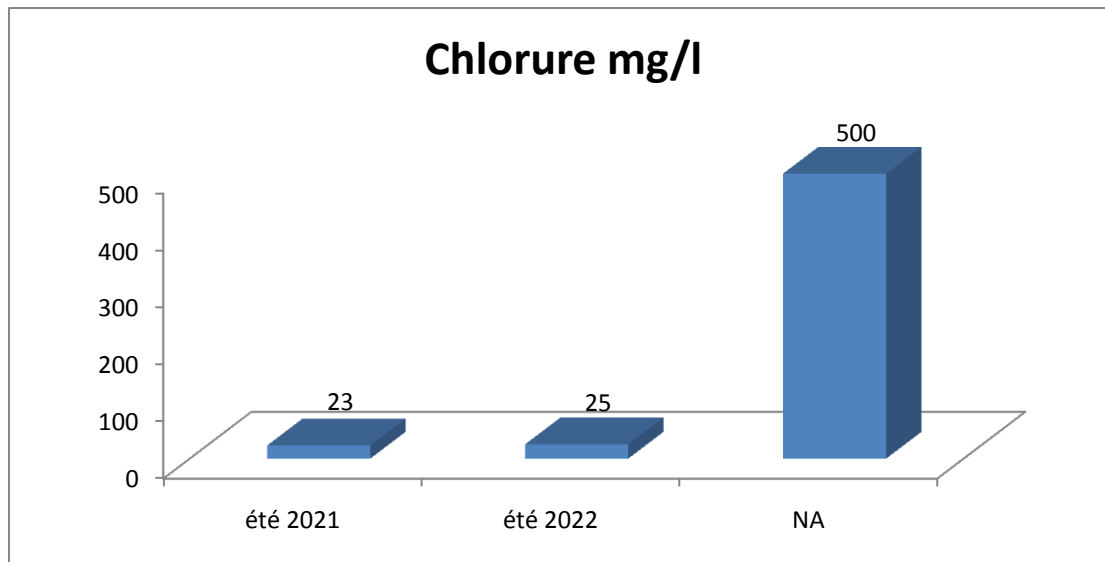


Figure 31: Variation du Chlorure dans la source étudiée durant les deux ans (été 2021 et été 2022)

2.4.6. Bicarbonates HCO_3^-

Plusieurs paramètres comme le pH, la Température, le CO_2 ainsi que la nature des terrains traversés ont une influence sur la présence des bicarbonates dans l'eau. Nous remarquons que les valeurs des bicarbonates dans la source étudiée sont les plus élevés par rapport aux autres minéraux (selon la figure 32) qui est à l'ordre respectif de 259 et 300 mg/l pour les deux étés 2021 et 2022.

Ces résultats pourraient s'expliquer par la nature des terrains traversés et l'augmentation de quelques autres paramètres, mais quelque soit la teneur en bicarbonate la potabilité de l'eau et la santé humaine n'ont pas affectés, c'est pour cela les autorités concernées n'ont fixé aucune valeur limite pour ce paramètre.

Nos résultats concordent avec ceux trouvés par : HOUMEL (2017) : (résultats varient entre 291.58 et 424.56mg/l) , BESSALEM et HASSANI (2017) sur l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des deux périodes d'échantillonnages de deux sources d'eau au niveau de deux communes « Ouacif et Ouadhias » où les teneurs sont dans l'intervalle (129.26 et 216.18mg/l).AIT ABDELAZIZ et BEN HAMLAT (2016) (72 .22 et 167mg/l) a aussi trouvé des résultats similaires a ceux que nous avons trouvés au niveau de notre source.

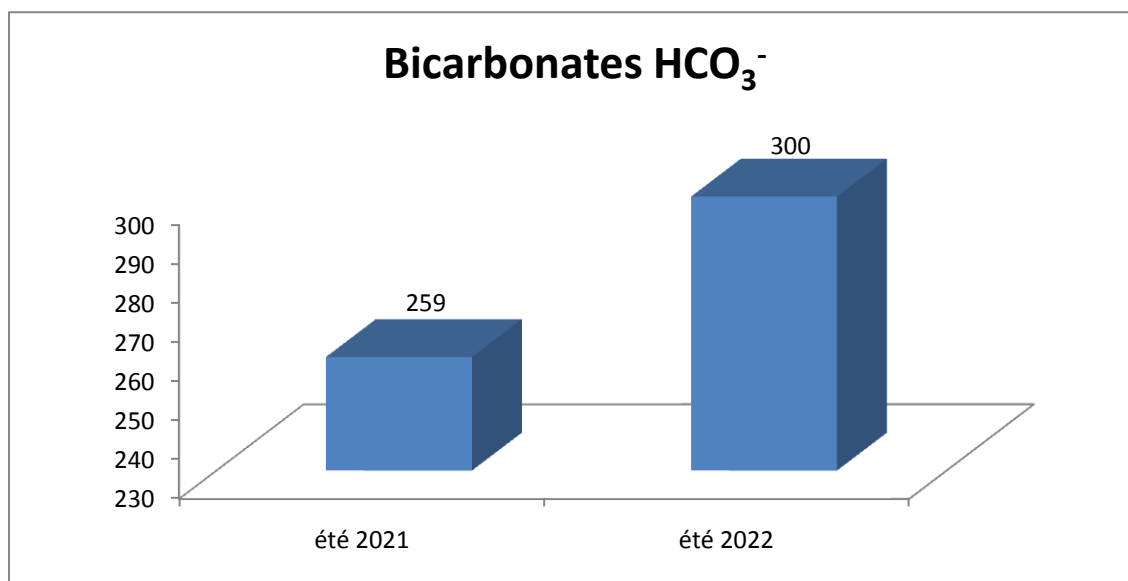


Figure 32 : Variation des Bicarbonates HCO_3^- dans la source étudiée durant les deux années (été 2021 et été 2022)

3. Paramètres indésirables

3.1. Le fer ferreux Fe^{2+}

La figure 33 représente la valeur du Fer dans l'eau de la source Thala Ouguellidh pendant les deux étés consécutifs (2021 et 2022).

Les résultats obtenus sont les mêmes pour les deux années et ils sont à l'ordre de 0.02mg/l. En les comparant à la valeur limite fixée par l'Algérienne des eaux (0.30mg/l) nous pouvons dire que nos résultats sont conformes à cette dernière.

Cette problématique a été réalisée dans plusieurs travaux tels que : AMICHI et AMIRI (2020) où la teneur en Fer est située dans l'intervalle (0.02 et 0.04mg/l), BESSALEM et HASSANI (2017) où la valeur est comprise entre 0.05 et 0.06mg/l. HOUMEL (2017) (résultats entre 0.04 et 0.06mg/l, OUHAMOUCHE et Zane (2021) qui ont obtenu presque les mêmes résultats (entre 0.01 et 0.06) dans leur travail sur l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des trois sources (Tiansrine, Thala bouada et Ait Naim). AIT ABDELAZIZ et BEN HAMLAT (2016) ont trouvé une teneur en Fer de 0.04mg/l pour la source Abi youcef et 0.026mg/l pour Thala Thabarkant.

Ces résultats montrent que les valeurs du fer sont au-dessous de la norme indiquée par la réglementation Algérienne et reflètent aussi les valeurs que nous avons trouvées dans notre travail.

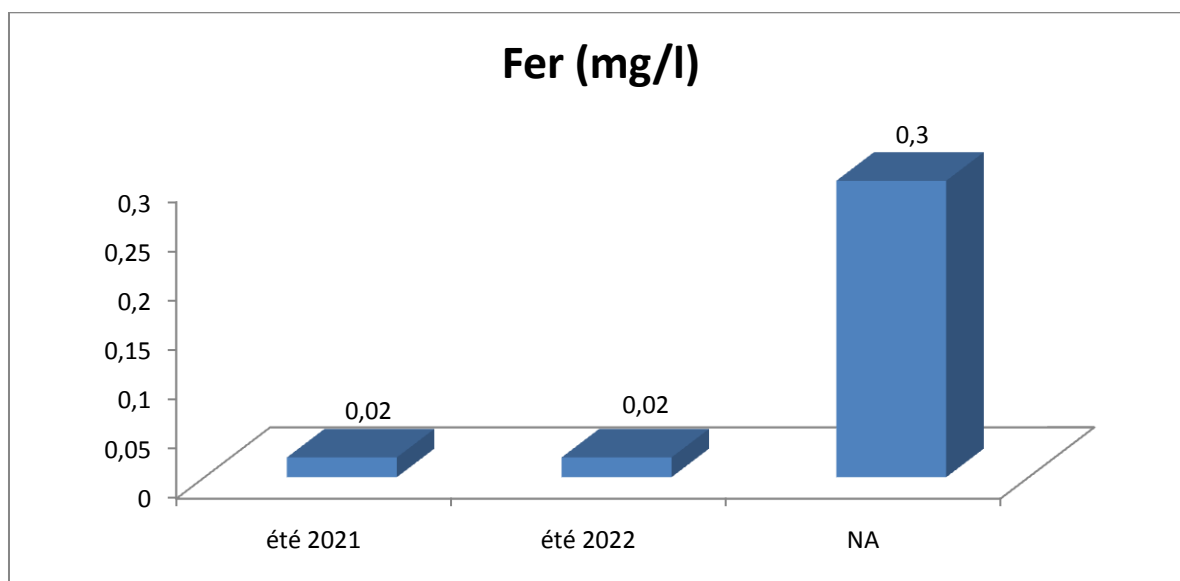


Figure 33 : variation du Fer dans la source étudiée pendant les deux années (été 2021 et été 2022)

4. Paramètres de pollution

4.1. Ammonium

La figure 34 représente les valeurs de l'ammonium obtenu dans les deux années d'étude de la source d'eau Thala Ouguellidh (été 2021 et été 2022).

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 certains travaux similaires dont nous mentionnant ceux d'AIT ABDELAZIZ et BEN HAMLAT (2016), AMICHI et AMIRI (2020) BELHOCINE et BESSALEM (2016) et ILTACHE (2015) qui ont constaté l'absence totale d'ammonium dans l'eau de la source étudiée sachant que la norme limite indiquée pour ce paramètre est de 0.5 mg/l.

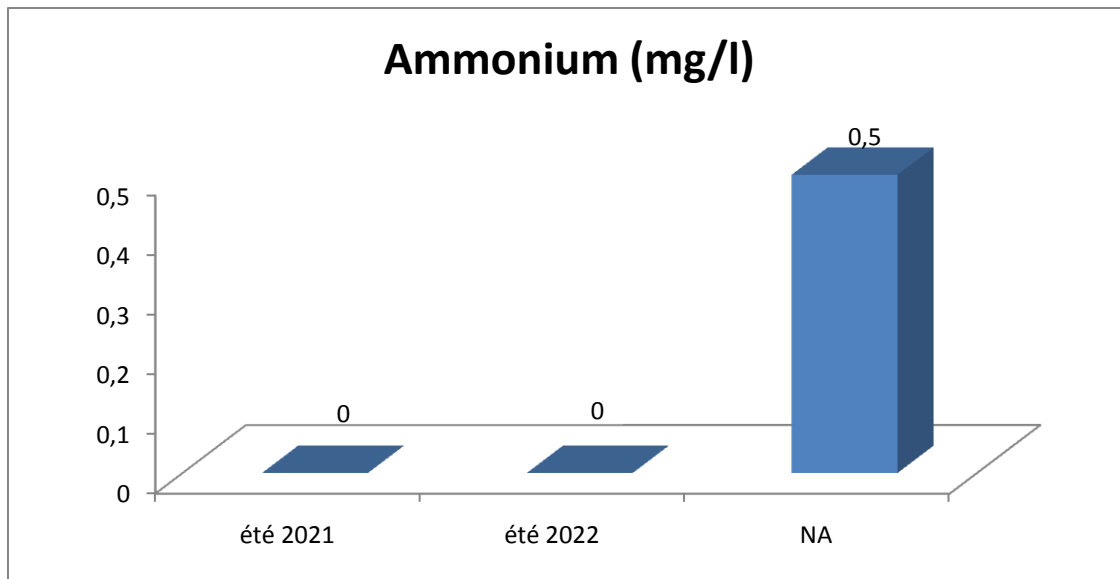


Figure 34 : Variation de l'ammonium dans la source étudiée pendant les deux années (été 2021 et été 2021)

4.2. Nitrates

Durant les deux prélèvements effectués pendant deux étés consécutifs (été 2021 et été 2022) le taux des nitrates reste au-dessus de la norme Algérienne qui est inférieure à 50 mg/l où nous avons obtenu une valeur de 0.17 en été 2021 et 11.9 en été 2022 (figure 35).

La teneur en nitrate en été 2022 a vécu une augmentation par rapport à l'année précédente et cela peut être en raison d'une pollution, le fait que cette source d'eau est située au milieu des habitations ou due au lessivage des terrains traversés mais cette valeur (11.9) reste toujours admise par la réglementation Algérienne des eaux potables.

Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par HOUMEL (2017) où les valeurs obtenus varient entre 1.32 et 17.26mg /l. ILTACHE (2015) qui a constaté dans ses résultats que la concentration des nitrates dans les eaux de source doivent être basses mais peuvent aussi atteindre des niveaux un peu élevé comme dans notre cas en raison des écoulements agricoles, décharges d'ordures et déchets d'animaux et humains .Parmi les résultats similaire nous avons aussi ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) valeurs comprises entre 2.65 et 5.75 mg/l .

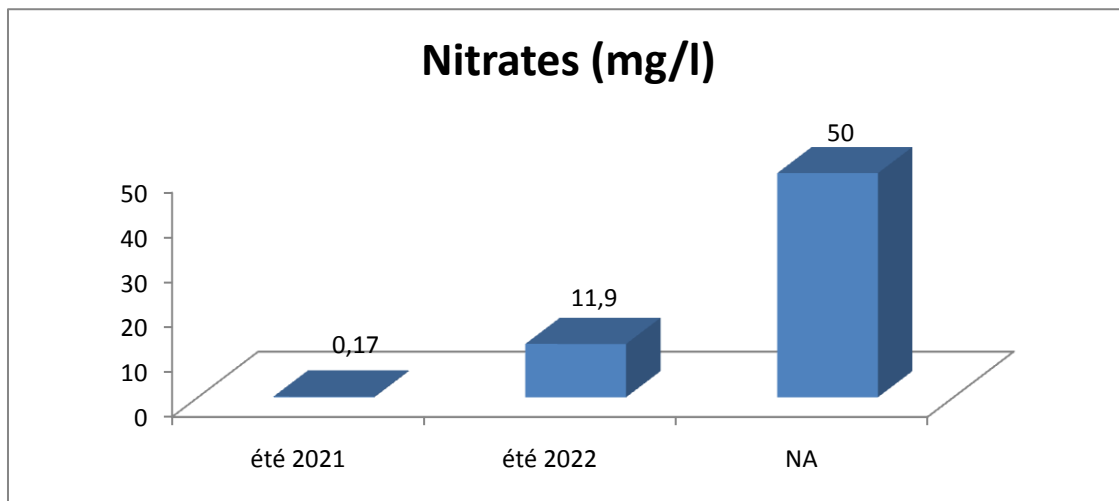


Figure 35 : Variation des nitrates dans la source étudiée pendant les deux années (été 2021 et été 2022)

4.3. Phosphate

Les échantillons d’eaux analysés mentionnent des teneurs nulles en phosphate pendant les deux étés 2021 et 2022 (figure36). Les normes indiquées par l’Algérienne des eaux fixe 0.50 mg/l comme limite supérieure du phosphate dans les eaux potables, donc l’absence de ce paramètre nous renseigne l’absence totale d’une pollution organique.

Plusieurs auteurs ont enregistré également des teneurs nulles en phosphate :OUHAMOUCHE et ZANE (2021) au niveau de la source Thiansrine, CHOUGAR (2015) : sur l’Analyse physico-chimique et bactériologique de l’eau d’alimentation de la région de Béni Douala (00mg/l). AMICHI et AMIRI (2020) où les teneurs en phosphate en mois de février et juillet étaient nulles, ILTACHE (2015).Ce qui concerne le travail effectué par BESSALEM et HASSANI (2017) qui a enregistré des valeurs comprise entre 0.05 et 0.15mg/l mais restent largement inférieures à la norme Algérienne des eaux potables.

Les résultats de plusieurs auteurs sont similaires aux résultats trouvés dans notre travail.

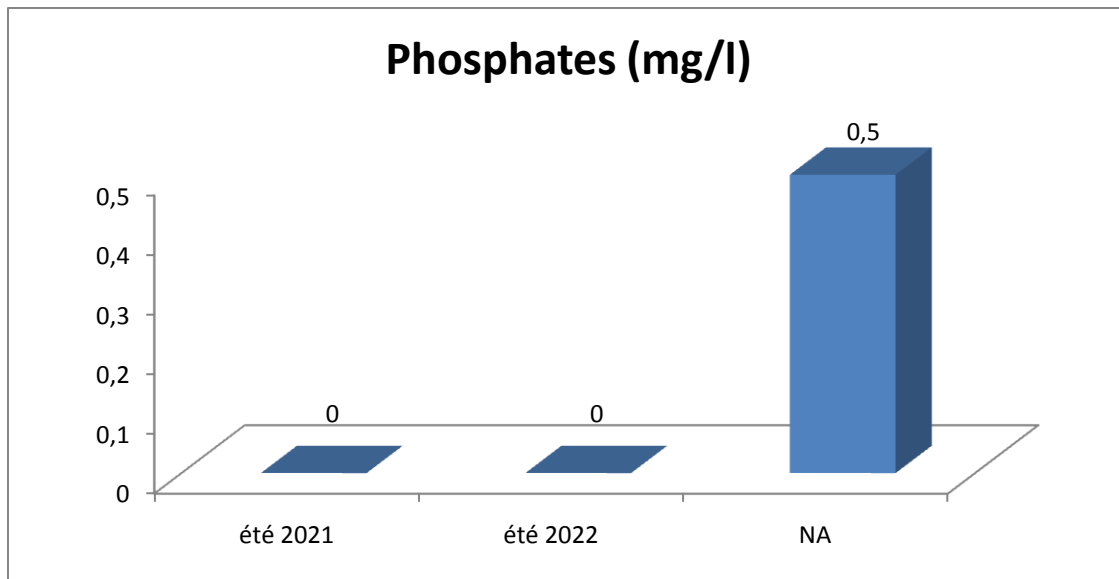


Figure 36 : Variation des phosphates dans la source étudiée pendant les deux années (été 2021 et été 2022)

4.4. Matière organique

D'après la figure 37 les résultats obtenus pour la source Thala Ouguellidh, en ce qui concerne la matière organique oxydable montrent que l'eau de la source étudiée contient de faibles teneurs en matière organique qui est de l'ordre de 0.40 et 0.56mg/l pendant été 2021 et été 2022 respectivement. Ces résultats restent inférieurs à 10mg/l (norme Algérienne des eaux potables). Ces faibles teneurs sont probablement causées par la décomposition que ce soit d'origine animale ou végétale élaborée sous l'influence des micro-organismes.

Plusieurs auteurs ont travaillé sur la même problématique ayant trouvé des résultats similaires aux nôtres tels que : OUHAMOUCHE et ZANE (2021) (teneur en MO est entre 0.04 et 0.83mg/l), BESSALEM et HASSANI (2017) (les teneurs varient entre 0.99 et 3.3mg/l et le travail d'AIT ABDELAZIZ et BEN HAMLAT (2016) qui ont enregistré une valeurs de 2.29 mg/l pour la source étudiée.

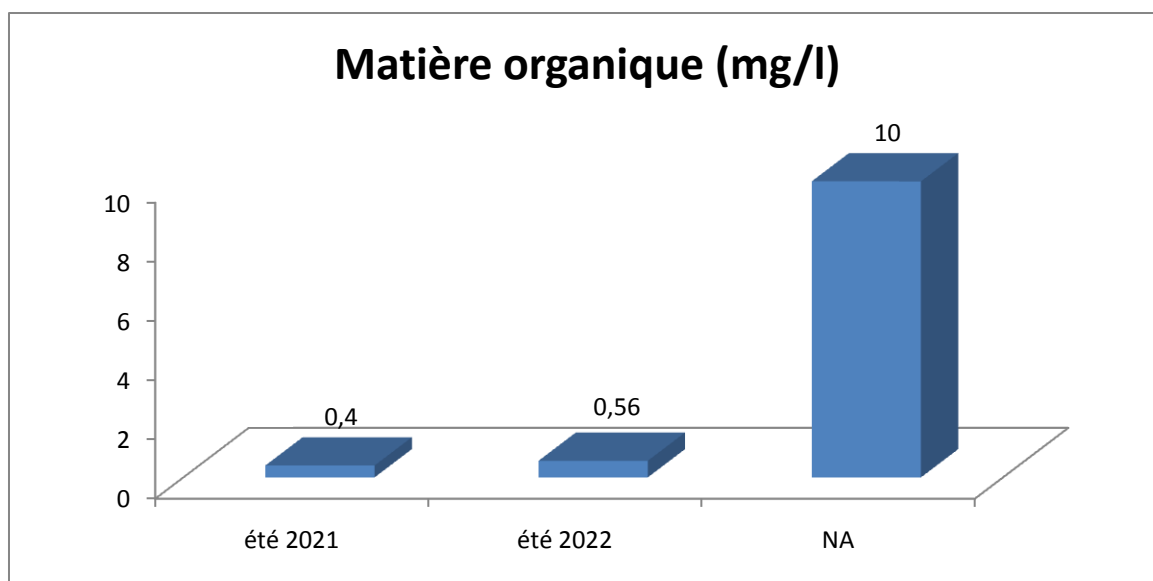


Figure 37 : Variation de la matière organique dans la source étudiée pendant les deux années (été 2021 été 2022)

5. Paramètres bactériologiques

Le tableau ci-dessus représente les résultats de l'analyse bactériologique de la source Thala Oguellidh pendant les deux années d'étude (2021 et 2022).

Tableau N°08 : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau de la source Thala Oguellidh pendant l'été 2022 comparée à l'année de l'été 2021.

Prélèvement : Germe :	Eté 2021	Eté 2022	Norme Algérienne de potabilité
Coliformes totaux (C/100ml)	54	33	0-50
<i>Escherichia-coli</i> (C/100ml)	01	08	0-20
Streptocoque fécaux (C/100ml)	00	03	0-20

C : colonies.

5.1. Coliformes

Les résultats d'analyse représentés dans le tableau n°08 ont permis de constater une valeur de 54 coliformes /100ml pour l'été 2021 ; cette teneur dépasse la norme fixée par l'ADE (<50) ce qui nous laisse soupçonner la présence d'une contamination fécale qui est

probablement due aux rejets des eaux usées vu que cette source est située à proximité des habitations. En été 2022 nous avons obtenus 03 Coliformes /100ml qui est conforme à la valeur limite.

OUHAMOUCHE et ZANE (2021) ont obtenus des résultats similaires aux nôtres au niveau des deux sources d'eau Tiansrine et Ait Naim qui ont dépassé la norme Algérienne et qui sont respectivement de (61, 99, 34 et 128, 332), les valeurs trouvées au niveau de la source Thala Bouada (0, 31, 22) concordent avec nos résultats.

5.2. *Escherichia-coli*

L'eau de la source Thala Ouguellidh est de très bonne qualité du point de vue bactériologique où les résultats sont conformes aux normes par rapport à la présence des *E-coli* : 01C/100ml en été 2021 et 08C/100ml en été 2022 , sachant que la limite est de 20C/100ml .

Les résultats trouvés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021) pour les deux sources Thala Bouada et Ait Naim qui sont à l'ordre de 1C/100ml pour chaque concordent avec les nôtres .HOUMEL (2017) ou les résultats varient entre 1 et 07 C/100ml. AIT ABDELAZIZ et BEN HAMLAT((2016) qui a enregistré l'absence totale des *E-Coli* , ces résultats concordent à les nôtres par contre ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) les résultats varient entre 12 et 224C/100ml ne sont pas similaires avec ceux que nous avons trouvés dans notre travail.

5.3. Streptocoques fécaux

Les résultats d'analyse bactériologique indiquent une absence totale des streptocoques dans la source d'eau étudiée en été 2021 ainsi qu'une valeur de 03C/100ml en été 2022 mais cette dernière ne dépasse pas la valeur limite qui est de 20C/100ml.

Parmi les travaux qui touchent notre problématique et qui sont similaires aux nôtres nous notons celui de HOUMEL (2017) (résultats varient entre 0 et 04C/ml), AIT ABDELAZIZ et BEN HAMLAT (2016) qui ont enregistré une valeur de 9C/100ml. DAHMANE et DJADI (2016) ont marqué une absence des streptocoques dans les eaux traitées avec une valeur inférieure à la norme pour les eaux brutes.

ILTACHE (2015) a enregistré une absence totale de ce type de bactéries, la même chose pour BESSALEM et HASSANI (2017) .Ceci est considéré comme témoignage d'absence de tout type de contamination pour notre source d'eau Thala Ouguellidh.

Conclusion :

Notre étude porte sur l'évaluation de la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Thala Ouguellidh situé dans la commune de Mechtras wilaya de Tizi Ouzou, au cours de notre travail nous avons effectuée des analyses au sein de laboratoire de l'ADE, sis à Boukhalfa.

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

Sur le plan organoleptique les échantillons d'eau prélevés pendant les deux périodes étaient incolores, inodores et insipides.

Sur le plan physico-chimique, la majorité des paramètres sont conformes aux normes Algériennes, le pH enregistré reste neutre ce qui a rendu la nature de cette eau à dominance calcaire et classée comme eau bicarbonatée et propre à la consommation humaine (potable). Des teneurs faibles en sodium (entre 10 et 16mg/l) qui est inférieur aux normes Algérienne, cette eau marque aussi une faible présence de potassium, magnésium et chlorure qui sont à l'ordre de (1mg/l), (13 à 14mg/l) et (23 à 25mg/l).

Sur le plan pollution organique, nos résultats marquent l'absence de tous types de pollution : absence totale d'ammonium et phosphate ainsi que des faibles teneurs en nitrates (entre 0.17 et 11.9mg/l) et matière organique (entre 0.40 et 0.56mg/l).

Sur le plan bactériologique, les résultats obtenus indiquent la présence simultanée des trois germes recherchés où nous avons remarquée la présence des coliformes dans la source étudiée avec un nombre qui dépasse un peu la norme algérienne de potabilité en été 2021 (54C/100ml) et cela a rendu cette eau comme suspect. Par contre en été 2022 ces derniers étaient au dessous de la valeur limite fixée (33C/100ml).

L'eau de la source a marqué aussi la présence des *E-coli* et des streptocoques fécaux mais avec un nombre conforme aux normes Algérienne entre 1 et 8 pour les *E-coli* et entre 0 et 3 pour les streptocoques.

A la lumière des résultats obtenus sur tous les plans nous constatons que l'eau de la source Thala Ouguellidh est considérée comme eau potable et ne présente aucun danger pour la population.

Pour une meilleure préservation de cette eau nous recommandons :

- Sensibilisation de la population à réduire leurs déchets et ordures afin de ne pas polluer l'environnement et protéger cette ressource vu que cette dernière est située au bord d'un Oued.
- Sensibilisation des habitants sur les risques éventuels de la consommation des eaux non-contrôlés.
- Le suivi de la qualité (l'autocontrôle) des eaux utilisées par les populations.
- Préservation des eaux des sources contre la pollution.
- La conception des réseaux d'assainissement pour l'évacuation des eaux usées.

1. **AIT ABDELAZIZ F., et BEN HAMLAT F.,(2016)** . Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de trois communes (Abi Youcef , Yakourène et Bouzegène) mémoire de master en protection de l'environnement faculté des sciences biologiques et agronomiques UMMTO.69p.
2. **AMICHI N., et AMIRI K.,(2020)** .Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Thabout Ouadhia ,wilaya de tizi ouzou .mémoire de master .Faculté des sciences biologique et science agronomiques département de bioioie.UMMTO.90p.
3. **AOUISSI A. et HOUHAMDI M., (2014)**. contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans la commune de Belkheir et Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma, Nord-est Algériens). 1^{er} séminaire national sur la santé et la bio-surveillance des écosystèmes aquatiques, 57p.
4. **AROUYA K ., (2011)** .pollution des Eaux .Edition Universitaire européennes, 196p.
5. **ARRETE, interministériel du 22 janvier 2006** fixant les proportions d'éléments contenues dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leurs traitements ou les adjonctions autorisées (JO N°27 du 26 Avril 2006,P9).
6. **AUBRY P., (2016)**. Amoebose (amibiase). Médecine Tropicale. Paris, France, pp 1-10.
7. **AUBRY P., (2016)**. Amoebose (amibiase). Médecine Tropicale. Paris, France, pp 1-10.
8. **Beauchamp J .,(2006)** . Qualité des eaux souterraines .Thèse de Doctorat .Université de Picardie Jules V^{ème} .335p .
9. **BELAJAL CH. (2020)** . Synthèse sur la pollution des écosystèmes aquatiques. Mémoire master en toxicologie appliquée .Faculté des sciences de la nature et de la vie Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED.13-14 p.
10. **BERNARD C. (2007)**.Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaar .Ilc.400p.
11. **BESSALEM Z., et HASSANI S.,(2016)** . Contribution a l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnages de deux sources d'eau au niveau de deux communes « Ouacif et Ouadhias » Wilaya de Tizi Ouzou,mémoire de master en protection de l'environnement faculté des sciences biologiques et agronomiques UMMTO.62p.

12. **BIDI Z., et DJIDJA C.,(2019).** Analyse de quelques paramètres physico-chimiques d'une source d'eau au niveau de la commune de Mizrana (Tizi-Ouzou),mémoire de master en biodiversité et environnement faculté des sciences biologiques et agronomiques UMMTO.63p.
13. **BLIEFERT ET PERNAUD (2001).**Chimie de l'environnement rurale. Ed. CEBEDOC. Liège.123p.
14. **BOUCHESICHE C, CREMILLE E, PELTE T. et PROJER K. (2002a).** Guide technique n°7 pollution toxique et écotoxicologie : notion de base sdage. Ed. Agence de l'eau rhône-méditerranée-corse, corse p82.
15. **BOUCHESICHE C, CREMILLE E, PELTE T. ET PROJER K. (2002b).**notion de base. Guide technique SDAGE 7 .comité de Bassin Rhône-méditerrané Corse, 85p.
16. **BOUZIANI M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. Edition IBN-Khaldoun. Oran. 247p.
17. **C.I.E. (2005).** Centre d'information sur l'eau disponible sur internet:www.Cieau.com.
18. **CHERY L. (2006).**La qualité des eaux souterraines .Méthodes des caractérisations des états de références des aquifères français. Ed brgm. Paris.
19. **CHOUGAR L ., (2014).**Traitement physico-chimique et bactériologique de l'eau d'alimentation de la commune de Beni-Douala. Mémoire de master protection de l'environnement .Faculté des sciences biologiques et agronomiques UMMTO.60p.
20. **COLLIN, J-J., (2004).** Les eaux souterraines. HERMANN EDITEURS DES SCIENCE ER DES ARTS. France : BERGM, 167p.
21. **Degremont, (2005).**Mémento technique de l'eau. Tome I. 10^{ème} édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris.859p.
22. **FARDELLONE P. (2015).** Calcium, magnésium et eaux minérales naturelles. Cahiers de nutrition et de diététique. 50p.
23. **GAUJOUS D., (1995)** .La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire. 2éme édition, Tec & Doc Lavoisier, Paris, France, 220 p.
24. **GUERMAH DJ., et TADJADIT K.,(2016).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage Taksebt (cas de la station monobloc) ,mémoire de master microbiologies appliquée faculté des sciences biologiques et agronomiques UMMTO.90p.

25. **HADDOU M., (2010).** Dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancée en phase homogène : procédés fenton, photo et photo catalyse. Thèse de doctorat Toulouse en chimie macromoléculaire et supramoléculaire.196p.
26. **HADEF D. et HASNI M. (2017).** Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention d'un diplôme de Master en Chimie Spécialité : Chimie Pharmaceutique et Substances Naturelles Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana. 43p.
27. **HANE M.,DI GNE I.,NDAYE B.,DIONE T.,CISSE D.,DIOP A.,(2020).**Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits et de forages consommées dans la commune de Sinthiou Maléme dans la région de Tambacounda(Sénégal).IJBCS.14(9). pp3400-2412.
28. **HOUMEL T. (2017).** Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau. Mémoire de Master en protection de l'environnement. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.81p.
29. **LUNC J .et LAGRADETTE M.,(2004).** L'eau potable et l'assainissement .Edition : johannes. Paris, 48p.
30. **MERBOUH CH ., BELHSAIEN K ., ZOUAHRI A ., et LOUNES N ., (2020)** .Evaluation De La Qualité Physico-Chimique Des Eaux Souterraines Au Voisinage De La Décharge Contrôlée Mohammedia-Benslimane : (Étude Préliminaire) . Vol.16,463p.
31. **METAHRI M.S. (2012)** . Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes : cas de la STEP Est de la ville TO. Thèse de doctorat, option génie des procédés. Département d'agronomie, UMMTO.
32. **MIRAMONTES. Mm, et CHIHUAHUA. A (2003)** . Removal of arsenic and fluoride from drinking water with cake alum and a polymeric anionic flocculent. Research report 36.
33. **MOKEDDEM K et OUDDANES. ,(2005).**Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De l'eau De Source Sidi Yaakoub (Moustaganem. Mémoire D'ingénieur institut de biologie, Mascara, (pp 18-22).
34. **NADA N., (2014).**Evaluation de la qualité de l'eau du bassin inférieur de la rivière du Litani, Liban : approche environnementale. Autre. Université de Lorraine, 2014.France.
35. **O.M.S.,(2004)** .Organisation Mondiale De la Santé.Directive de qualité pour l'eau de boisson .3^{ème} Edition .110p.

36. **OMS., (2008).** Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson. 2^{ème} Edition, Volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, Genève, 1150 p.
37. **OMS., (2006).** Directives de qualité pour l'eau de boisson.3eme Edition, Volume 1, Genève, 110 p.
38. **OUHAMOUCH CH et ZANE N., (2021).** Evaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois sources (Thianserine , Thala Bouada et Ait Naim) dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de master en biodiversité et environnement .Faculté des sciences biologiques et agronomiques .UMMTO.66p.
39. **RAMADE F. (2005).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed Ediscience international. Paris, France.
40. **RAMADE F., (1992) .** Précis d'écologie .Edition .Ediscience internationale.300p.
41. **Rejsek F.,(2002).** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Série sciences et techniques de l'environnement. Edition Scérén.358p.
42. **RODIER J. (1996).**L'analyse de l'eau : Eaux naturelle , eaux résiduaire, eau de mer.8^{ème} éd.Ed.Dunod,paris.1383p.
43. **RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J.P., CHAM BON P., CHAM PSAUR H et RODI L.,(2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
44. **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et BRUNET R.(2009).** L'ANALYSE DE L'EAU. 9^{ème} Ed. DUNOD, Paris, France.1579p.
45. **RODIER.J., (2005).** Analyses de l'eau : eau naturel, eaux résiduaire, eau de mer. 8^{ème} édition DUNOD, paris.1432p.
46. **SAMAKE H.,(2002).** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako. Thèse de doctorat. Mali, 77p.
47. **SCHWARTZ BROD L., (2000) :** Virus humains et santé public conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agricultures conchyliculture. Centre collaborateurs OMS pour les microorganismes dans les eaux usées, Université de NANCY, France, 298 p.
48. **VILAGINE R. (2003) .**Eau, environnement et santé public : Introduction à l'hydrologie .2^{ème} édition. Edition Tec et Doc lavoisier.Paris.France.198p.

49. **VILAGINES R., (2010).** Eau, Environnement et Santé publique. Introduction à l'hydrologie. 3ème Edition TEC et DOC.Lavoisier,paris,218p.
50. **SCHRIVER-MAZZUOLI L., (2012).** La gestion durable de l'eau. Ressources. Qualité. Organisation. Dunod. 256p.
51. **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. 214p.

Résumé

L'eau potable constitue une ressource essentielle et indispensable pour toute forme de vie. Notre étude consiste à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Thala Ouguellidh dans la commune de Mechtras wilaya de Tizi Ouzou pendant l'été 2022. Les résultats obtenus sont comparés aux résultats de l'été 2021 ainsi qu'aux normes algériennes de potabilité. Notre étude a montré que les résultats des paramètres physico-chimique analysés sont conformes aux normes de potabilité ainsi les paramètres de pollution, pour la plupart, ont révélé des résultats nuls durant les deux années, notamment l'ammonium et le phosphate. Le fer a marqué une valeur inférieure (0.02) à la norme indiquée par l'Algérienne Des Eaux (0,30). Les tests bactériologiques ont révélé la présence des coliformes fécaux (33C/100ml), E-coli (8C/100ml), Streptocoques fécaux (3C/100ml) avec des valeurs obéissantes aux normes de potabilités qui sont 50C/100ml, 20C/100ml et 20C/100ml, respectivement. À travers nos résultats, nous pouvons conclure que l'eau de notre source est potable et d'excellente qualité et ne présente aucun danger pour la consommation humaine.

Mots clés : Eau de source Thala Ouguellidh, analyses physico-chimiques et bactériologiques , normes Algériennes , Tizi Ouzou.

Drinking water is an essential and indispensable resource for all forms of life. Our study consists in the evaluation of the physicochemical and bacteriological quality of the water of the source Thala Ouguellidh in the commune of Mechtras wilaya of Tizi Ouzou during the summer of 2022. The results obtained are compared with the results of the summer 2021 as well as Algerian drinking water standards. Our study showed that the results of the physico-chemical parameters analyzed comply with the standards of potability and the pollution parameters, for the most part, revealed zero results during the two years, in particular ammonium and phosphate. Iron marked a lower value (0.02) than the standard indicated by the Algérienne Des Eaux (0.30). Bacteriological tests revealed the presence of faecal coliforms (33C/100ml), E.coli (8C/100ml), faecal Streptococci (3C/100ml) with values complying with drinking standards which are 50C/100ml, 20C/100ml and 20C/100ml, respectively. Through our results, we can conclude that the water from our source is drinkable and of excellent quality and does not present any danger for human consumption.

Key words : spring water, Thala Ouguellidh, physicochemical and bacteriological analyses, Algerian standards, Tizi Ouzou.

تعتبر مياه الشرب من الموارد الأساسية التي لا غنى عنها لجميع أشكال الحياة . تتكون دراستنا من تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه المصدر ثالة اغليلد في بلدية مشترس بولاية تيزي وزو خلال صيف عام 2022. تمت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع نتائج صيف 2021 وكذلك معايير مياه الشرب الجزائرية . أظهرت دراستنا أن نتائج المعلمات الفيزيائية والكيميائية التي تم تحليلها تتوافق مع معايير القابلية للشرب ومعاملات التلوث ، في الغالب ، لم تسفر عن نتائج صفرية خلال العامين ، خاصة الأمونيوم والفوسفات . تميز الحديد بقيمة أقل (0.02) من المعيار المشار إليه بواسطة الجزائرية للمياه (0.30). كشفت الاختبارات البكتريولوجية عن وجود القولونيات البرازية (33 درجة مئوية / 100 مل) ، إي كولاي (8 درجات مئوية / 100 مل) ، المكورات العقدية البرازية (3 درجات مئوية / 100 مل) بقيم تتوافق مع معايير الشرب وهي 50 درجة مئوية / 100 مل ، 20 درجة مئوية / 100 مل و 20 درجة مئوية / 100 مل على التوالي. من خلال نتائجنا نستطيع أن نستنتج أن هذه المياه صالحة للشرب وذات جودة ممتازة ولا تشكل أي خطر على الاستهلاك البشري.

كلمات مفتاحية: مياه نبع ثالة اغليلد ، تحليلات فيزيائية-كيميائية وبكتريولوجية ، المعايير الجزائرية ، تيزي وزو.